



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV AUTOMOBILNÍHO A DOPRAVNÍHO INŽENÝRSTVÍ

INSTITUTE OF AUTOMOTIVE ENGINEERING

VOZIDLOVÁ TECHNIKA HASIČŮ

FIRE-FIGHTING VEHICLES

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Jan Šamánek

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Ondřej Blaták, Ph.D.

BRNO 2021

Zadaní bakalářské práce

Ústav: Ústav automobilního a dopravního inženýrství
Student: **Jan Šamánek**
Studijní program: Strojírenství
Studijní obor: Stavba strojů a zařízení
Vedoucí práce: **Ing. Ondřej Blaták, Ph.D.**
Akademický rok: 2020/21

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Vozidlová technika hasičů

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Hasičský záchranný sbor České republiky má ze zákona úkol chránit životy a zdraví obyvatel, životní prostředí, zvířata a majetek před požáry a jinými mimořádnými událostmi a krizovými situacemi. Aby se s potřebným vybavením mohl dostat k místu zásahu, potřebuje vhodnou vozidlovou techniku. Značně odlišná místa zásahu vyžadují specifické vlastnosti používaných osobních i nákladních vozidel.

Cíle bakalářské práce:

Vytvořit vhodně členěný přehled používané hasičské vozidlové techniky v ČR a v zahraničí a charakterizovat především podvozkové systémy těchto vozidel. Vytvořit přehled specifických vlastností hasičských vozidel obecně.

Navrhnout koncepci rychlého zásahového vozidla s celkovou hmotností do 5 tun, které umožní provoz v městských aglomeracích i lehkém terénu.

Seznam doporučené literatury:

LEEMING, David John a HARTLEY, Reg. Heavy Vehicle Technology. 2nd edition. Leckhampton: Stanley Thomas, 1989. 260 s. ISBN 07-487-0275-X.

REIMPELL, Jornsens. The Automotive Chassis. 2nd edition. Oxford: Butterworth - Heinemann, 2001. 444 s. ISBN 0-7506-5054-0.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2020/21

V Brně, dne

L. S.

prof. Ing. Josef Štětina, Ph.D.
ředitel ústavu

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
děkan fakulty

ABSTRAKT

Bakalářská práce pojednává o hasičské vozidlové technice. V úvodní části je stručně popsán historický vývoj požární techniky ve světě a na našem území. Druhá část obsahuje přehled používaných typů hasičských vozidel dle příslušných kritérií. Dále jsou podrobně popsány nejvyužívanější typy vozidel a jejich specifické vlastnosti. Následující část práce se zabývá podvozkovými systémy těžkých hasičských vozidel a uvádí několik typů speciálních podvozků. V závěru práce se nachází vlastní návrh koncepce rychlého zásahového automobilu do městské zástavby a lehkého terénu.

KLÍČOVÁ SLOVA

hasičská vozidla, požární automobily, požární technika, podvozek, rychlý zásahový automobil

ABSTRACT

This bachelor's thesis deals with the technology of fire-fighting vehicles. The first section of the thesis describes the historical development of the vehicles and their use in the Czech Republic and around the world. The second section presents an overview of the types of the currently used vehicles according to specific criteria. It is followed by a detailed description of the most used types and their characteristics. The next section of the thesis focuses on the chassis system of heavy fire-fighting vehicles and it introduces several types of special chassis. The thesis closes with a section that includes the author's own design of a rapid intervention vehicle suitable for cities or easy terrain.

KEYWORDS

fire-fighting vehicles, fire equipment, chassis, rapid intervention vehicle

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

ŠAMÁNEK, Jan. *Vozidlová technika hasičů*. Brno, 2021. Dostupné také z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/132288>. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav automobilního a dopravního inženýrství. 47 s. Vedoucí bakalářské práce Ondřej Blaták.

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že tato práce je mým původním dílem, zpracoval jsem ji samostatně pod vedením Ing. Ondřeje Blatáka, Ph.D. a s použitím informačních zdrojů uvedených v seznamu.

V Brně dne 21. května 2021

.....

Jan Šamánek

PODĚKOVÁNÍ

Rád bych tímto poděkoval Ing. Ondřeji Blaťákovi, Ph.D. za ochotu a odborné rady při tvorbě této bakalářské práce. Také bych chtěl poděkovat rodině za podporu během studia.

OBSAH

Úvod	11
1 Historický vývoj hasičských vozidel	12
1.1 Historie hasičských vozidel ve světě	12
1.2 Historie hasičských vozidel v Čechách.....	13
1.2.1 Praga	13
1.2.2 Tatra.....	14
1.2.3 Laurin & Klement a Škoda.....	15
2 Přehled používaných hasičských vozidel.....	16
2.1 Výrobci	17
2.2 Vzhled a značení.....	17
2.3 Zásahové požární automobily	18
2.3.1 Dopravní automobil (DA)	18
2.3.2 Cisternová automobilová stříkačka (CAS).....	18
2.3.3 Automobilový žebřík (AZ).....	20
2.3.4 Technický automobil (TA)	21
2.3.5 Vyprošťovací automobil (VYA)	21
2.3.6 Kombinovaný hasící automobil (KHA)	21
2.4 Hasičská vozidla v zahraničí.....	22
2.5 Speciální hasičská vozidla	23
2.5.1 Univerzální dokončovací stroj.....	23
2.5.2 Obousměrné tunelové speciály.....	23
2.5.3 Letištní speciál Panther.....	24
3 Podvozkové systémy hasičských vozidel.....	25
3.1 Geometrické rozměry hasičského vozidla	25
3.2 Lehká hasičská vozidla	26
3.3 Těžká hasičská vozidla	26
3.3.1 Rám.....	26
3.3.2 Zavěšení.....	27
3.3.3 Odpružení	28
3.3.4 Brzdy	29
3.3.5 Řízení.....	31
3.4 Speciální podvozky hasičských vozidel.....	31
3.4.1 Tatra Force (T 815-7) 8x8	31
3.4.2 Mercedes-Benz Actros (kolejový speciál).....	32
3.4.3 Dennis Rapier	32
3.4.4 Mercedes-Benz Unimog.....	33
4 Návrh koncepce rychlého zásahového automobilu.....	34
4.1 Technické podmínky RZA.....	34
4.2 Podvozek.....	34
4.3 Nástavba.....	37
4.4 Výbava	39

Závěr	40
Seznam použitých zkratek a symbolů	46

ÚVOD

Úkolem jednotek požární ochrany záchranného hasičského sboru České republiky je chránit životy a zdraví obyvatel a zabránit škodám na jejich majetku při vzniklých požárech nebo jiných mimořádných událostech. Při jejich práci je nejdůležitější rychlost a účinnost zásahu. Pro splnění těchto faktorů slouží záchranným jednotkám hasičská vozidlová technika. Jelikož se místo a typ zásahu může značně lišit, jsou zásahové požární automobily rozděleny do různých kategorií. Pokud se nejedná o zásahové vozidlo, které je běžně nasazováno ke každodenním zásahům, může být označeno za speciální. Cílem práce je přiblížit tyto zásahové i speciální požární automobily, popsat jejich specifické vlastnosti a charakterizovat rozdíly mezi nimi a zahraničními vozidly.

Kromě dobře odvedené práce jednotek požární ochrany při zásahu, je také důležitá spolehlivá práce v továrnách při výrobě podvozků a následně účelových nástaveb hasičských vozidel. Kvalitní podvozek je základem zásahového požárního automobilu. Důkazem tomu je česká automobilka Tatra, která je u nás jedním ze dvou největších dodavatelů podvozků pro těžká hasičská vozidla. Podvozkové systémy a některá netypická provedení podvozků hasičských vozidel budou popsána ve třetí kapitole práce. Posledním cílem práce je vlastní návrh koncepce rychlého zásahového automobilu do 5 tun. Automobil je koncipován pro snadný průjezd do městské zástavby a lehkého terénu s nádrží na vodu a ideálním vybavením.

1 HISTORICKÝ VÝVOJ HASIČSKÝCH VOZIDEL

K první snaze člověka bojovat s ohněm došlo dle historických záznamů během 2. století př. n. l. K hašení byla použita jednoduchá ruční pístová stříkačka. Mnohem efektivnější však byli lidé navzájem předávající si džbery s vodou, tvořící takzvané „lidské řetězy“. Oheň představoval ve většině velkých měst Evropy každodenní nebezpečí. V roce 1666 zničil londýnský požár více než 13 000 budov. Tento požár se v hasičské historii stal bodem zvratu. V následujících letech se začala vyvíjet protipožární technika a začaly se organizovat první hasičské sbory [1].

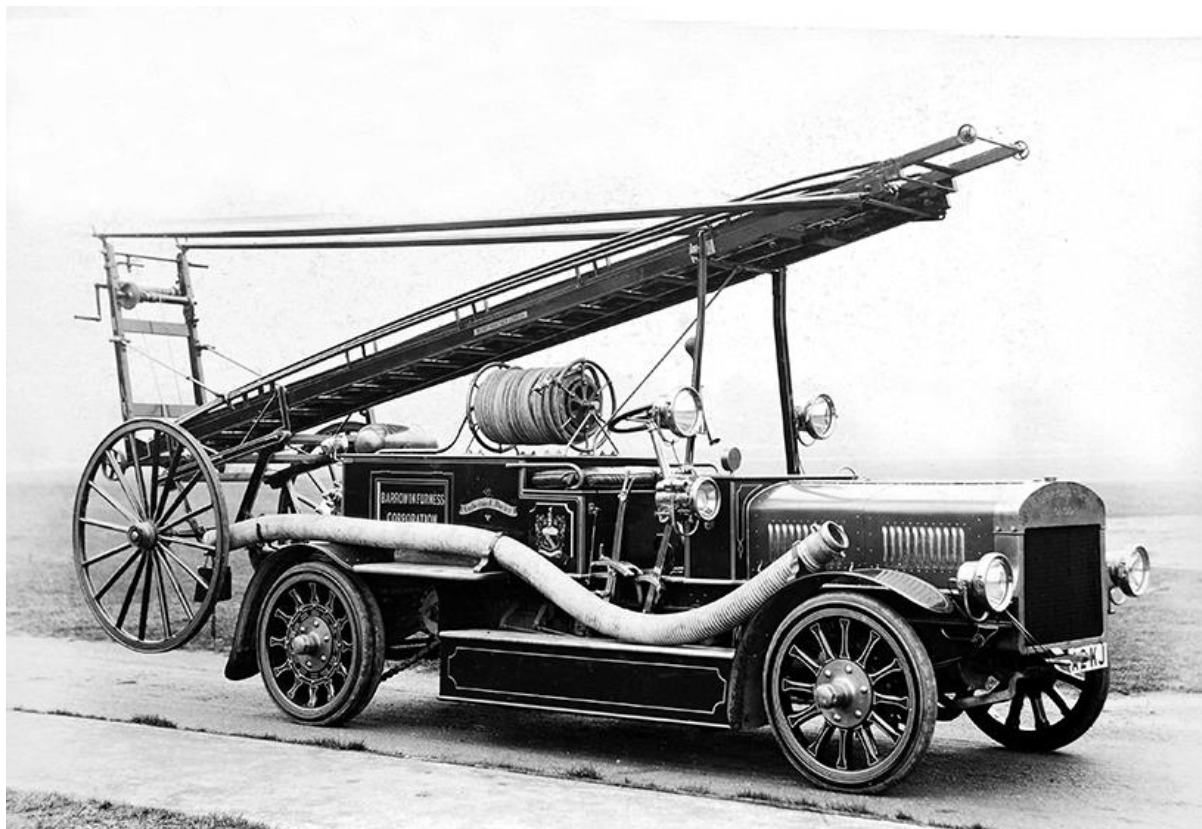
1.1 HISTORIE HASIČSKÝCH VOZIDEL VE SVĚTĚ

První pohyblivou stříkačku sestrojil Holanďan Jan van der Hayden v roce 1673. Se svým bratrem také vylepšili požární hadice, které se tenkrát sešivaly z plachtoviny nebo kůže. Dalším významným konstruktérem hasičské techniky byl Angličan Richard Newsham. V roce 1725 sestrojil stříkačku se dvěma dlouhými pákami, které byly dohromady ovládány čtrnácti osobami. Tyto velké stříkačky byly schopny vystříknout vodu až na vzdálenost padesáti metrů. Později byly Newshamovy úspěšné konstrukce stříkaček napodobovány v celé Evropě a Severní Americe. Během 19. století byly ručně poháněné vozy doplněny například žebříky, trhacími háky nebo měřicími přístroji. Zároveň se od roku 1829, zásluhou švédského inženýra Johna Ericssona, postupně objevovaly stříkačky s parním pohonem, které byly tažené koňmi. Tyto parní stroje byly těžké a tlak potřebný pro činnost čerpadla byl vyvinut až po několika minutách. O výrobu požárních stříkaček pro Evropu se staraly dvě londýnské firmy Shand Mason & Co a Merryweather & Sons. Pro Ameriku to byly firmy například LaFrance nebo Amoskeag [1]. Již v roce 1873 bylo na území USA parních stříkaček přibližně tisíc [1].

Přestože se parní pohony čerpadel využívaly až do období první světové války, počátkem dvacátého století se k pohonu hasičských vozidel začaly používat spalovací motory. Hlavními důvody přechodu na spalovací motory byl technický vývoj spolu s logistickými problémy ustájení a krmení přibývajících tažných koní [3]. Zpočátku bylo na chod hasičského vozidla třeba dvou zážehových motorů, jeden pro čerpací systém a druhý na pohon automobilu. S příchodem benzinových spalovacích motorů bylo možné konstruovat větší a silnější vozidla, která pak byla schopna převážet více hasičského vybavení nebo zabudovanou cisternu na vodu. Vedle provedení vozidel se zážehovými motory se také vyráběly vozy s elektrickými pohony. Nevýhodou elektromotorů bylo rychlé vybíjení olověných akumulátorů, které zároveň dělaly vozidlo velice těžké. Spojením těchto dvou typů pohonu poté vznikl takzvaný smíšený systém. Tento systém využíval zážehového motoru pro pohon čerpadla a dynamu. To bylo zdrojem elektromotoru, který uváděl hasičský automobil do provozu [1].

V roce 1901 německá automobilka Adler představila první hasičské vozidlo vyvinuté z osobního automobilu. Pro nedostatečný výkon a nízkou rychlost však zájem o vozidlo s jednoválcovým motorem o objemu 403 cm³ nikdo neprojevil [1]. Úspěšnější pak byla britská firma Merryweather, která o tři roky později vyrobila vozidlo s čtyřválcovým spalovacím motorem o výkonu 22 kW. Motor již poháněl i požární stříkačku. První hasičské vozidlo postavené na podvozku nákladního auta provedla roku 1906 americká firma Arhen-Fox, která se jimi proslavila [4]. Ve třicátých letech se hasičské automobily dělily do tří skupin. Byly to vozy dopravující vodu, vozy s otočným žebříkem a specializované vozy

(např. pěnový hasící automobil). Roku 1935 byl představen první hasičský automobil s uzavřenou karoserií, nabízející hasičům více bezpečí a pohodlí. Během období druhé světové války byly benzínové spalovací motory pomalu nahrazovány naftovými [1].



Obr. 1 Hasičský vůz Merryweather z roku 1911 [5]

1.2 HISTORIE HASIČSKÝCH VOZIDEL V ČECHÁCH

Jedním z prvních významných výrobců hasičské techniky na našem území byl Antonín Smekal. V obci Čechy pod Kosířem začal roku 1820 vyrábět hasičské stříkačky a požární potřeby. V polovině 19. století odstartoval se svými bratry a synem výrobu ručních dřevěných stříkaček. Dalším výrobcem byl Václav Ignác Stratílek, jehož firma vyráběla od roku 1899 ruční pumpy a stříkačky. Proslavila se tehdy například koňmi taženou stříkačkou „normálka“. O první hasičské vozy se spalovacím motorem v Čechách se postaraly automobilky Praga a NW, nyní známá jako Tatra [1].

1.2.1 PRAGA

Praga začala vyrábět osobní automobily od roku 1910 pod svojí značkou. O rok později automobilka odstartovala svoji úspěšnou éru osobním automobilem Praga Mignon a nákladním automobilem Praga typu V [6]. Hasičské vozidla na podvozcích nákladních automobilů Praga se vyráběly v deseti různých typech. Tato vozidla disponovala zážehovým čtyř nebo šestiválcovým, kapalinou chlazeným motorem. Pouze jediné nákladní vozidlo, které

bylo používáno pro hasičská vozidla, Praga ND bylo poháněno šestiválcovým vznětovým motorem. Od padesátých let firma vyráběla pouze dva základní typy: V3S a S5T. Pohon 6x6 na těchto podvozcích zajišťoval šestiválcový vznětový motor, chlazený vzduchem. Mezi podvozky osobních automobilů Praga, využívaných pro hasičské automobily, patřily typy Grand, Mignon a Golden. Tyto typy používali hasiči jako dopravní nebo štábní automobil [1].

1.2.2 TATRA

Kopřivnická značka Tatra (do roku 1918 pod názvem NW) je druhou nejstarší automobilkou na světě. Významným konstruktérem a později technickým ředitelem podniku byl Hans Ledwinka. Jeho provedení podvozku, tvořeného centrální nosnou rourou se vzduchem přímo chlazeným motorem a nezávisle odpruženými nápravami, je dodnes známé jako „tatrovácká koncepce automobilu“ [7]. Do roku 1998 bylo pro hasičská vozidla využito celkem třináct typů podvozků nákladních automobilů a čtyři typy podvozků osobních automobilů značky Tatra. Několik hasičských vozidel značky bylo opatřeno nástavbami od firmy Karosa. Jedny z nejúspěšnějších modelů podvozků používaných hasiči byly modely Tatra 27 nebo později Tatra 138 a Tatra 148 se vzduchem chlazeným osmiválcovým motorem [1]. Repasované vozy úspěšné Tatry 138, vyráběné v letech 1959 až 1971, se na některých místech České republiky využívají dodnes [8].



Obr. 2 Cisternová automobilová stříkačka Tatra 138 [8]

1.2.3 LAURIN & KLEMENT A ŠKODA

Firma Laurin & Klement, zpočátku vyrábějící jízdní kola, začala své automobily vyrábět roku 1905. Podvozky nákladních automobilů značky L&K, použité pro hasičská vozidla, byly celkem čtyři. Od roku 1925, kdy došlo ke spojení společnosti s automobilkou Škoda, se vyráběly automobily pod názvem Laurin & Klement-Škoda. Hasičská vozidla na podvozcích této značky byla využita na modelech 505, 115, 550 a 125. Všechny tyto typy byly poháněny čtyřválcovým motorem chlazeným kapalinou.

Vyrobené vozy firmy od roku 1930 už nesly pouze název Škoda. Během následujících dvaceti let byly hasičské vozy vyrobeny celkově na třinácti typech podvozků značky Škoda. Za zmínku také stojí firma Ebert, která se zabývala výrobou hasičské techniky a později i výrobou automobilových stříkaček. Právě na několika vozech L&K a Škoda bylo využito hasičských nástaveb této firmy [1].

2 PŘEHLED POUŽÍVANÝCH HASIČSKÝCH VOZIDEL

Rozdělení zásahových požárních automobilů (ZPA) podle Řádu strojní služby [9]:

- Podle účelu:
 - dopravní automobil (DA),
 - automobilová stříkačka (AS),
 - cisternová automobilová stříkačka (CAS),
 - pěnový hasicí automobil (PHA),
 - plynový hasicí automobil (PLHA),
 - práškový hasicí automobil (PRHA),
 - kombinovaný hasicí automobil (KHA),
 - rychlý zásahový automobil (RZA),
 - automobilový žebřík (AZ),
 - automobilová plošina (AP),
 - hadicový automobil (HA),
 - technický automobil (TA),
 - protiplynový automobil (PPLA),
 - velitelský automobil (VEA),
 - vyšetřovací automobil (VA),
 - vyprošťovací automobil (VYA),
 - automobilový jeřáb (AJ),
 - automobilová cisterna (AC),
 - automobilový nosič kontejnerů (ANK).
- Podle hmotnostní třídy:
 - lehké (L) – do 7,5 tun,
 - střední (M) – od 7,5 do 16 tun,
 - těžké (S) – nad 16 tun.
- Podle kategorie podvozku:
 - kategorie 1 – silniční,
 - kategorie 2 – smíšené,
 - kategorie 3 – terénní.
- Podle rozsahu požárního příslušenství:
 - základní (Z),
 - speciální:
 - redukované (R),
 - rozšířené (V),
 - technické (T),
 - pro hašení (H),
 - pro hašení lesních požárů (LP),
 - pro velkoobjemové hašení (VH),
 - s požárním čerpadlem (PC),
 - s motorovou stříkačkou (MS),
 - chemické (CH),
 - ropné (N).

Ostatní hasičská vozidla (nezásahová):

- Osobní automobil (OA)
- Nákladní automobil (NA)
- Autobus (BUS)
- Užitkový automobil (UA)
- Přívěs (P)
- Návěs (N)
- Motocykl (MOT)
- Zvláštní vozidlo nebo stroj
- Obojživelné vozidlo

Dle vyhlášky o technických podmínkách požární techniky [10], splňují zásahové požární automobily podmínky ČSN EN 1846-1, ČSN EN 1846-2, ČSN EN 1846-3 (vše požární automobily), ČSN EN 1777 (hydraulické plošiny), ČSN EN 14043, ČSN EN 14044 (výšková požární technika), ČSN EN 1028-1, ČSN EN 1028-2, ČSN EN 14466 (vše požární čerpadla), ČSN 07 8304 (tlakové nádoby na plyny), ČSN 38 9427 a ČSN 38 9409 (požární armatury).

2.1 VÝROBCI

Mezi nejvýznamnější výrobce hasičských vozidel pro ČR patří:

- KOBIT - THZ CZ s.r.o.
- THT Polička, s.r.o.
- WISS CZECH, s.r.o.
- ZHT Group s.r.o.
- STS Prachatice, a.s.

Tyto firmy se zabývají výrobou a vývojem nástaveb a vestaveb hasičských vozidel na podvozcích osobních nebo nákladních automobilů. Dále jsou zaměřeny například na modernizaci, přestavbu nebo opravu starších hasičských vozidel.

2.2 VZHLED A ZNAČENÍ

Barevná úprava zásahových požárních automobilů je provedena červenou barvou s bílým vodorovným pruhem po bocích nebo obvodu karoserie. Pro zvýraznění automobilů jsou použity reflexní pruhy. Dále jsou vozidla doplněna příslušnými nápisy. Vozidla jsou označena textem na jejich bocích obsahující zkratky z výše uvedených kategorií. Například označení *VEA-LIZ* značí velitelský automobil lehké hmotnosti spadající do silniční kategorie a se základní výbavou. Vozidla převážející hasící látky ve vlastní nádrži jsou dále označovány číslicemi, které značí objemy nádrží. Hodnoty značí objemy nádrží v litrech jsou odděleny lomítkem v pořadí: nádrž na vodu, pěnídlo a případně hasící prášek. Dále jsou součástí ZPA výstražné zvukové zařízení a výstražné světelné zařízení modré barvy, které je umístěné nad kabinou nebo účelovou nástavbou vozidla a na zádi karoserie [10].

2.3 ZÁSAHOVÉ POŽÁRNÍ AUTOMOBILY

ZPA jsou základním technickým prostředkem využívaným Hasičským záchranným sborem při zásahu proti požáru a dalšímu nebezpečí. Konstrukce ZPA musí umožňovat maximálně bezpečný a rychlý dojezd požární jednotky na místo zásahu. Dle typu jejich provedení a výbavy požárním příslušenstvím jsou určeny k různým zásahům. Nejčtenějšími ZPA jsou dopravní automobily a cisternové automobilové stříkačky.

2.3.1 DOPRAVNÍ AUTOMOBIL (DA)

„Konstrukce dopravního automobilu umožňuje přepravu jednotky požární ochrany na místo zásahu nebo přepravu osob při plnění úkolů na úseku ochrany obyvatelstva [10].“

DA spadají do hmotnostní kategorie lehkých požárních automobilů. Ve většině případů jsou provedeny v kategorii 1 pro silniční provoz. Nejčastěji se pořizují podvozky dodávkových automobilů značek: Ford Transit, Mercedes-Benz Sprinter, Iveco Daily nebo Volkswagen Crafter. V ojedinělých případech se vyskytují také v provedení kategorie 2 pro provoz i mimo zpevněné komunikace.

Dopravní automobily se vyrábí v provedení [10]:

- **základním (Z):**
Základní vybavení musí obsahovat lékárničku a dva různé hasící přístroje. DA se základním příslušenstvím mohou být doplněny přívěsem s požárním vybavením.
- **speciálním technickém (T):**
DA v technickém provedení je oproti základnímu provedení navíc vybaven například skřínkou s nástroji, přenosným zásahovým žebříkem, řetězovou pilou, dýchacími přístroji a dalším vybavením.
- **speciálním s motorovou stříkačkou (MS):**
V tomto provedení umožňuje automobil pomocí motorové stříkačky provádět zásah vodou nebo pěnou ze vnějších zdrojů vody a poskytnout dálkovou dopravu vody. Používané přenosné motorové stříkačky bývají o jmenovitých výkonech 750, 1 000 a 1 500 l.min⁻¹. Automobily jsou pak označovány DA 7,5, DA 10, respektive DA 15.

2.3.2 CISTERNOVÁ AUTOMOBILOVÁ STŘÍKAČKA (CAS)

Podle [10] umožňuje konstrukce CAS přepravu jednotky požární ochrany, dálkovou dopravu vody, požární zásah vodou (z vlastní nádrže, z vnějšího volného zdroje a z vnějšího tlakového zdroje vody), požární zásah střední a těžkou pěnou (s výjimkou speciální CAS pro hašení lesních požárů a CAS v redukovaném provedení) a provedení záchranných prací. Vozidlo má pevně zabudované čerpadlo, pěnídlo a nádrž na vodu s objemem minimálně 1 700 litrů. Ve velké většině jsou CAS v ČR zastoupeny značkami Scania a Tatra.

Kromě základního a redukovaného provedení, které se od sebe liší minimálně, se CAS dle rozsahu požárního příslušenství vyrábí v provedení:

- **speciálním technickém (T)**

Na rozdíl od základního provedení jsou vozidla v přední části vybavena lanovým navijákem s minimální tažnou silou 35 kN. Na zadní části vozidla je prostor pro případnou montáž úchytného prvku pro kolový hadicový naviják, který umožňuje tvořit dopravní hadicové vedení. Vybavení obsahuje kromě základní sady dále také několik hydraulických vyprošťovacích zařízení a motorovou pilu.

- **speciálním pro hašení lesních požárů (LP)**

Vozidla této kategorie musí být opatřena pohonem všech náprav a uzávěrkou diferenciálu. Stejně jako u technického provedení jsou opatřena lanovým navijákem. Jelikož se tato vozidla pohybují hlavně po lesních cestách, svojí konstrukcí na rozdíl od ostatních CAS nepatří do těžké hmotnostní kategorie, ale do kategorie střední. V ČR se objevují například na podvozcích užitkových automobilů M-B Unimog nebo Renault Midlum.

- **speciálním pro velkoobjemové hašení (VH)**

Vestavěná nádrž na vodu má v tomto případě objem minimálně 8 000 litrů. Velkoobjemové cisterny slouží hlavně jako zásoba většího množství vody při hašení na místech, kde není dostupný její zdroj.



Obr. 3 CAS pro hašení lesních požárů [11]

ČERPACÍ ZAŘÍZENÍ

Čerpací požární zařízení tvoří čerpadlo, zavodňovací zařízení, ventily, kohouty a rozvody hasiva. Na požárních automobilech se nacházejí odstředivá čerpadla, která jsou běžně umístěna v zadní části automobilu. Pomocí spalovacího motoru automobilu je přes převody poháněna hřídel čerpadla, která předává mechanickou energii kapalině [12]. CAS mohou obsahovat čerpadla o nejmenším jmenovitém výkonu $750 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$ (CAS 7,5) a největším $6\,000 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$ (CAS 60). Tato čerpadla nejsou samonasávací, tudíž je nutné je zaplnit vodou

zavodňovacím zařízením z vlastního nebo vnějšího zdroje. Na obě strany čerpacího zařízení je vyvedeno jedno nebo dvě výtlačná hrdla [10].

2.3.3 AUTOMOBILOVÝ ŽEBŘÍK (AZ)

Automobilový žebřík slouží k záchraně osob z výšek nebo hloubek pomocí žebříkové sady, která také umožňuje hasičům zásah vodou z dané výšky. Vozidlo je konstruováno v provedení základním, v hmotnostní třídě M nebo S a nejčastěji s podvozkovou kategorií 1 – pro silniční provoz. V ČR jsou nejčastěji AZ provedeny na podvozku Iveco Magirus, které disponují záchrannou výškou až 40 metrů. Úložné prostory pro požární příslušenství jsou umístěny po obou stranách účelové nástavby pod mechanismem žebříkové sady [13].

ŽEBŘÍKOVÁ SADA

Pro použití mechanismu je třeba, aby vozidlo bylo ustaveno stabilizačními podpěrami, jinak není umožněno uvést zařízení do provozu. Pro jízdu AZ je nutné, aby byla žebříková sada v přepravním stavu, její provoz při jízdě automobilu není možný. Účelová nástavba je přednostně ovládána obslužným zařízením v prostoru točny, druhé ovládací zařízení je v požárním koši. Počítačová jednotka AZ kontroluje provoz žebříkové sady, stabilizačních podpěr a koše v závislosti na celém pracovním diagramu [14]. Žebříková sada bývá čtyř nebo pětidílná s prvním sklopným nebo posledním manévrovacím ramenem. Ramena jsou tvořena z podélných nosníků a příčníků z vysoce pevnostní konstrukční oceli. Požární koš má nosnost nejméně 300 kg a umožňuje prostor pro nejméně 3 osoby. Konstrukce AZ umožňuje stranové vyložení koše se 3 osobami minimálně 15 metrů [13].



Obr. 4 Vysunutá žebříková sada s košem [15]

2.3.4 TECHNICKÝ AUTOMOBIL (TA)

TA se sestavují se na silničních nebo smíšených podvozcích všech hmotnostních kategorií. Lehké TA mohou být využívány například střelmistry nebo lezeckým družstvem. Těžké jsou většinou vybaveny hydraulickým nakládacím jeřábem a jsou určeny například k zásahu u dopravních a železničních nehod nebo k záchraně osob při zřícení staveb. Mimo základní a redukované provedení se TA, dle požárního příslušenství, vyrábí také v provedení chemickém a ropném. Tyto automobily, které jsou určeny k zásahu s výskytem nebezpečných látek, jsou vybaveny například čerpadlem na nebezpečné kapaliny, průmyslovým vysavačem nebo dekontaminační sprchou [16].

2.3.5 VYPROŠŤOVACÍ AUTOMOBIL (VYA)

V posledních letech se vyprošťovací automobily vyrábí jen jako těžké hasičské automobily v provedení silničním, smíšeném i terénním. V ČR jsou VYA do městské aglomerace a lehkého terénu zpravidla stavěna na podvozcích Scania, zatímco vozidla do terénu na podvozcích Tatra Force. VYA pomocí svého příslušenství umožňuje hlavně vyproštění a tažení vozidel nebo zvedání břemen. Nástavba z hliníkových profilů obsahuje základní vázací a vyprošťovací prostředky. Důležitou součástí vozidel jsou kromě hydraulických navijáků hydraulické nakládací jeřáby, které jsou schopny na maximální možné vyložení uzvednout břemeno o hmotnosti větší jak 2 tuny. Stejně jako u automobilového žebříku je při manipulaci jeřábu nutnost ustavit vozidlo stabilizačními podpěrami. Další součástí některých vozidel bývá vyprošťovací nástavba, která je tvořena vyprošťovacím ramenem s teleskopickou vidlicí nebo s odtahovými brýlemi, umožňující vyproštění a odtah veškerých vozidel. VYA na silničních podvozcích mohou být vybaveny radlicí s možností výškového nastavení, která je určena k odstraňování překážek, sněhové vrstvy nebo zapřené vozidla [14].



Obr. 5 VYA Tatra s hydraulickým jeřábem a vysunutými odtahovými brýlemi [18]

2.3.6 KOMBINOVANÝ HASÍCÍ AUTOMOBIL (KHA)

Kombinované hasící automobily jsou určeny pro zásah vodou, pěnou i hasícím práškem. Jsou používány všude tam, kde je vysoké požární nebezpečí, například v chemických závodech nebo ve skladech s vysoce hořlavými látkami [19]. Všechny podvozky KHA spadají do

kategorie těžkých hasičských automobilů pro silniční nebo smíšený provoz. Hnacími médii pro zásah práškem je inertní plyn uložený v tlakových lahvích. Vozidla jsou vybavena nárazníkovou a střešní lafetovou proudnicí, které umožňují zásah všemi hasebními látkami. Proudnice mají vlastní řídicí modul, který umožňuje nastavit procento přimísení pěnídla v rozsahu 0,1 až 6 %. Ve výjimečných případech disponují KHA hasícím ramenem, které umožňuje zásah na větší vzdálenosti [20].

2.4 HASIČSKÁ VOZIDLA V ZAHRANIČÍ

Na americkém kontinentu jsou silnice a dálnice daleko širší a prostornější než v Evropě. Touto skutečností odpadají nároky na rozměry hasičských vozidel, které jsou širší a delší než ty v evropských nebo asijských zemích. Další rozdíl je v dodávání podvozku. Zatímco v Evropě je zhruba 95 % dodávaných podvozků pro hasičská vozidla komerčních, v USA je až 80 % podvozků vyrobeno na zakázku a ve vlastních továrnách [21]. V roce 2020 toto procento tvořilo celkem 43 výrobců podvozků hasičských automobilů [22]. Mnohem častěji se v Americe využívají automobilové žebříky (aerial trucks). Hlavním důvodem je, že narozdíl od těch Evropských, které slouží k záchraně osob z výšky, umožňují také hašení z vlastní nádrže. Kvůli vyšším stavbám v amerických městech, dosahují žebříkové sady větších pracovních výšek. Rozdílné je také umístění čerpadla, které se na větších hasičských vozidlech nachází ve středu nástavby a přístup k výtlačným hrdlům je ze strany vozidla, kdežto v Evropě se nacházejí až v zadní části. Obecně jsou v Evropě nebo v Asii hasičská vozidla oproti americkým menší a lehčí a tím i lépe ovladatelná v menších ulicích, zároveň jsou lépe vybavená a specifitější podle druhu zásahu [21]. Mezi špičku v Evropě, co se týče vybavy požárních vozidel, patří Německo a skandinávské země. Například speciálně vybavený technický automobil Scania sloužící v Praze odpovídá běžným německým TA, kterými byla jeho výroba inspirována [16].



Obr. 6 Automobilový žebřík Pierce (USA) [24]

Největším výrobcem hasičských vozidel a požárního příslušenství na světě je rakouská firma Rosenbauer. Již více než 150 let vyrábí požární techniku v souladu s evropskými i americkými normami. Svými výrobky zásobuje více než 100 zemí po celém světě [25].

2.5 SPECIÁLNÍ HASIČSKÁ VOZIDLA

Vozidla, která nejsou používána jako běžné zásahové požární automobily se mohou považovat za speciální hasičská vozidla. Speciály jsou vyrobeny pro specifický zásah nebo pro určené místo možného nebezpečí požáru (letiště, tunely).

2.5.1 UNIVERZÁLNÍ DOKONČOVACÍ STROJ

Tato vozidla na třinápravových podvozcích Tatra 815-7 jsou určena do extrémních podmínek například při živelních pohromách, uvolňování koryt řek nebo při demolici staticky narušených budov. Nástavba vozidla je vybavena kabinou strojníka, ze které je možno obsluhovat pomocí hydraulických systémů mikropojezd podvozku a natáčení kol bez potřeby běhu motoru podvozku. Na rám nástavby je prostřednictvím polohového ramena připevněn teleskopický výložník. Výložník je osazen pětizubou lopatou a s vysunutým vnitřním ramenem dosahuje délky deseti metrů. Soustava je upravena pro práci při vysokých teplotách [26].



Obr. 7 Univerzální dokončovací stroj [26]

2.5.2 OBOUSMĚRNÉ TUNELOVÉ SPECIÁLY

Tunelové požáry patří k nejnebezpečnějším druhům zásahu hasičů. Hasičské nebo záchranné tunelové speciály slouží k co nejrychlejšímu zásahu proti požáru a evakuaci osob z dlouhých tunelů. Pro lepší provoz v tunelech jsou speciálně zkonstruovány obousměrné speciální automobily s přidánými kolejovými podvozky, které budou popsány podrobněji v kapitole Speciální podvozky hasičských vozidel, nebo automobily dvoukabinové koncepce. Tato

vozidla je možno ovládat z obou kabin, mezi kterými se nachází nástavba s nádrží na vodu nebo prostor pro přepravované osoby. Jednoduchým přepínačem lze určit, z jaké kabiny bude vozidlo řízeno. O přenos pohonu se stará speciální převodovka německé firmy ZF, která je vyvinuta pro tunelové speciály [27].

2.5.3 LETIŠTNÍ SPECIÁL PANTHER

Nová generace vozidel Panther od rakouské firmy Rosenbauer je světově nejoblíbenějším zásahovým letištním speciálem. Podvozek velkokapacitní cisterny může být dvou, tří nebo čtyřnápravový. Mezi nápravami je podvozek chráněn před sálajícím teplem pomocí vodních trysek s průtokem přibližně 100 litrů za minutu. Pohon vozidla zajišťují nejčastěji motory Volvo. U největší verze vozidla Panther může být nádrž hasiva o objemu až 19 000 litrů s čerpadlem o výkonu 10 000 litrů za minutu. Vozidlo je vybaveno hasícím hydraulickým ramenem HRET. Toto zařízení je schopno dosáhnout pracovní výšky až 16,5 metrů a je ovládáno joystickem z kabiny vozidla. Lafetová proudnice na konci ramene je v přepravní poloze schopna dostřiku vody až 90 metrů [28].



Obr. 8 Letištní speciál Panther [29]

3 PODVOZKOVÉ SYSTÉMY HASIČSKÝCH VOZIDEL

K výrobě hasičských vozidel se nejčastěji využívá podvozků dodávkových, terénních nebo nákladních automobilů (nosičů). Podvozky dodávané výrobcům nástaveb nejsou starší dvou let a jsou dosud nepoužité [14]. Kapitola je rozdělena na lehká a těžká hasičská vozidla. V kategorii těžkých vozidel jsou popsány jejich podvozkové systémy.

3.1 GEOMETRICKÉ ROZMĚRY HASIČSKÉHO VOZIDLA

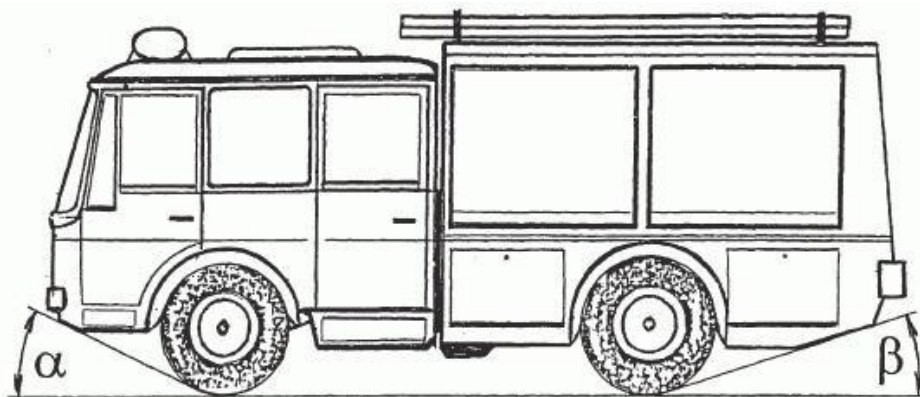
Geometrické parametry podvozkové části a tvaru karoserie jsou ovlivňujícími faktory průjezdnosti hasičského vozidla terénem. Jsou to minimální hodnoty dané normou ČSN EN 1846-2, které musí vozidla splňovat. Měření parametrů probíhá při plném zatížení vozidla, tzn. s požární výbavou dle kategorie, s hmotností hasících látek a s posádkou [19].

SVĚTLÁ VÝŠKA

Je vzdálenost vymezená mezi vodorovnou rovinou vozovky a nejnižším pevným bodem vozidla, kromě náprav. Minimální hodnoty pro silniční vozidla se pohybují mezi 150 a 250 mm. Pro těžké terénní hasičské vozidla je pak minimální hodnota 400 mm. Mezi vnitřními stranami kol nápravy se měří k nejnižšímu pevnému bodu vozidla tzv. světlá výška pod nápravou. Její minimální hodnoty bývají menší než hodnoty světlé výšky.

PŘEDNÍ A ZADNÍ NÁJEZDOVÝ ÚHEL

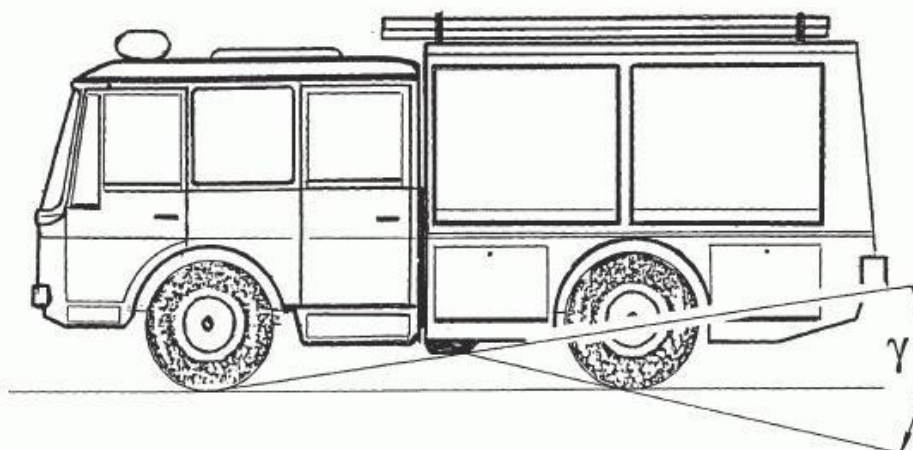
Určuje největší možný úhel mezi vodorovnou rovinou a tečnou k pneumatice přední, respektive zadní nápravy, který nezasahuje do žádné pevné části vozidla.



Obr. 9 Přední (α) a zadní (β) nájezdový úhel vozidla [19]

PŘECHODOVÝ ÚHEL

Je nejmenší úhel měřený mezi rovinami tečnými k vnitřním stranám předních a zadních pneumatik protínající se v nejnižším pevném bodě vozidla mezi nápravami. Úhel γ definuje největší rampu, přes kterou je vozidlo schopno přejet. U vozidel pro smíšený provoz je tento úhel minimálně 18° . Pro vozidla terénní je minimální přechodový úhel 25° v případě lehkých vozidel a 30° v případě těžkých vozidel.



Obr. 10 Přechodový úhel vozidla (γ) [19]

3.2 LEHKÁ HASIČSKÁ VOZIDLA

Mezi požární automobily lehké hmotnostní třídy patří vozidla s hmotností nepřevyšující 7 500 kg. Do této třídy se řadí například dopravní automobily, rychlé zásahové automobily nebo technické automobily. Zpravidla jsou šasi lehkých hasičských vozidel dvounápravová s uzávěrkou diferenciálu. U větších lehkých vozidel se na zadní nápravě využívá dvojitá montáž kol. Přední nájezdový úhel je u silničních vozidel minimálně 13° , u smíšených 23° [19]. Podvozky mohou být doplněny některými vylepšujícími prvky. Například Volkswagen Transporter, upravený firmou Seikel, disponuje zvýšenou světlou výškou podvozku o 30 mm, off-road tlumiči a ochrannými panely podvozku a motoru. Tímto vylepšením vyhovuje kategorii smíšených dopravních automobilů a je vhodný pro zásah do lehkého terénu [30].

3.3 TĚŽKÁ HASIČSKÁ VOZIDLA

Požární automobily s hmotností převyšující 16 000 kg jsou zařazeny do těžké hmotnostní třídy. Nejčastěji používanými těžkými vozidly jsou cisternové automobilové stříkačky. Dále do této kategorie mohou být zařazeny AZ, VYA, AJ nebo AP. Nejčastěji zastoupené značky dodávaných podvozků těžkých hasičských vozidel v ČR jsou Scania a Tatra. Vozy Scania jsou spíše využívány do měst a silničního, případně smíšeného provozu. Naopak Tatra má podvozky skvěle přizpůsobené do těžkých terénních podmínek [31]. Přední, stejně jako zadní nájezdový úhel je u smíšených vozidel minimálně 23° , u terénních pak 35° [19].

3.3.1 RÁM

Rám nákladních automobilů je většinou **obdélníkový (žebřinový)**. Rám je tvořen ze dvou podélníků, které jsou mezi sebou spojeny několika příčnicí. Nosníky rámu, s profilem tvaru „U“, jsou nýtovány nebo šroubovány. Rámy hasičských automobilů jsou požadovány co nejlehčí a měkké na krut, pro docílení propružení podvozku při jízdě vozidla terénem. Naopak pro silniční provoz jsou vhodnější tuhé rámy pro lepší stabilitu [32].

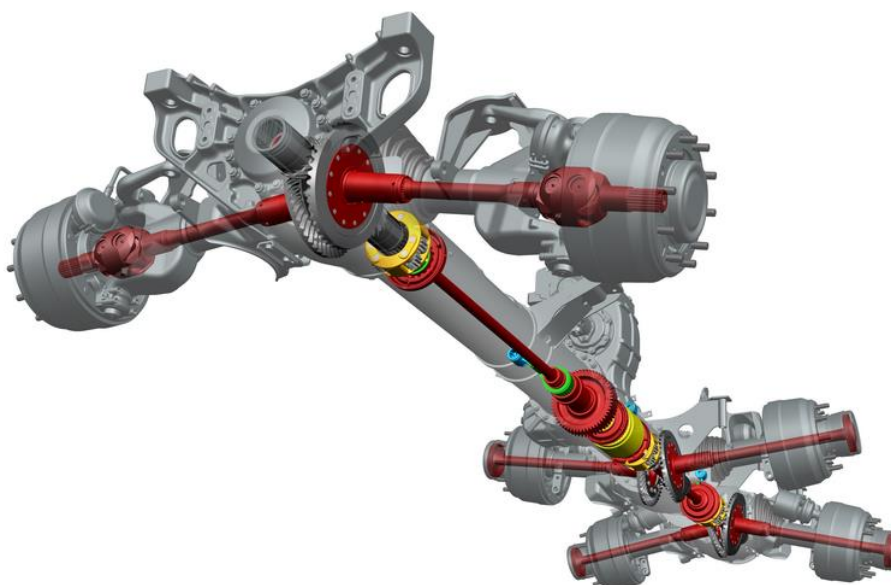
Dalším používaným typem je **rám páteřový**, patentovaný firmou Tatra. Základem je centrální nosná roura, ve které je uložena spojovací hřídel a je tím tak chráněna od vnějších mechanických poškození. Páteřový rám se vyznačuje vysokou tuhostí v krutu i ohybu, která chrání nástavby od přenášeného zatížení. Další vlastností rámu je modulární systém, umožňující volitelnou délku rámu podle počtu náprav s možným pohonem všech kol [33].

3.3.2 ZAVĚŠENÍ

Zavěšení zajišťuje upevnění kol vozidla k jeho rámu. Hlavní funkcí je přenášet síly a momenty mezi kolem a karoserií a umožnit svislý pohyb kola. Náprava je sestava několika komponentů, umožňující zavěšení kola. Těžká hasičská vozidla jsou nejčastěji dvou nebo třínápravová, mohou však být i vícenápravová.

NEZÁVISLÉ ZAVĚŠENÍ

Jednotlivá kola jsou samostatně uložena na nezávislém zavěšení. Translační pohyb jednoho kola na nápravě není závislý na pohybu protilehlého kola, tudíž nevzniká kmitání jako u tuhých náprav [34]. Tento typ zavěšení používají zejména firmy Tatra a Volvo. Tatra jako jediná mezi těžkými vozidly využívá ve své koncepci takzvané kyvné polonápravy. Ty spolu s uzávěrkami diferenciálu, uloženými v nosné rouře, umožňují oproti klasické koncepci vyšší rychlost vozidla v terénu o 30 % při stejném komfortu jízdy [35].



Obr. 11 Páteřový rám s kyvnými polonápravami – Tatra [33]

ZÁVISLÉ ZAVĚŠENÍ

Kola vozidel s tuhými nápravami jsou uložena na stejném nosníku. Při vzniku translačního svislého pohybu jednoho kola vznikne pohyb i na kole druhém. Výhodou oproti nezávislému zavěšení je snadná konstrukce a nízké náklady na výrobu a údržbu. Naopak nevýhodou závislého uložení je náklon karoserie vlivem odstředivých sil při průjezdu zatáčkou. Tuhé nápravy vyžadují pro svůj pohyb více prostoru, a proto většinou mají vyšší celkovou stavbu podvozku. Pro hasičské vozy jsou vhodné i jako hnací a řídicí [34].

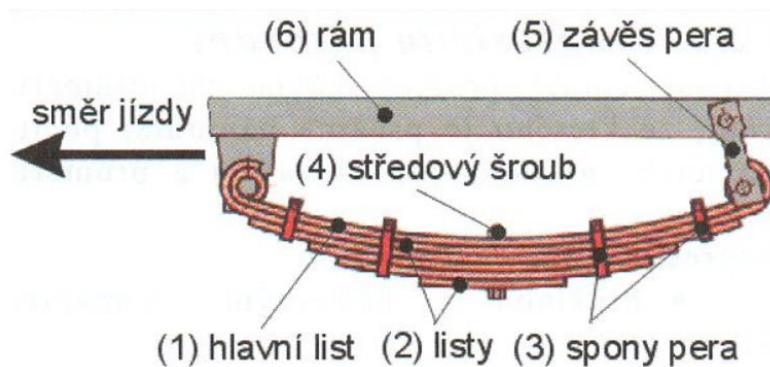
Většina náprav hasičských automobilů je doplněna **stabilizátory**. Jejich účelem je zmenšit naklonění nástavby nebo karoserie vozidla při průjezdu zatáčkou. Zkrutná tyč, tvořící stabilizátor pro nápravu je uložena napříč vozidla a je upevněna otočně k rámu v pryžových pouzdrech. Jestliže jedno kolo nápravy propužší více než druhé, natočí se jeden konec tyče a její střed se zkrucuje. Toto zkroucení dosahuje zmenšení prodloužení nápravy a zároveň zmenšení náklonu vozidla. Stabilizátor, případně i zpevněný stabilizátor může být dle potřeby použit na jakémkoliv nápravě hasičského vozidla [34].

3.3.3 ODPRUŽENÍ

Odpružení zajišťuje zmenšení přenosu kmitavých pohybů náprav vozidla na jeho podvozkové části. Dále umožňuje stálý kontakt kola s vozovkou při projíždění terénem, což zajišťuje přenos obvodových sil. Hasičská vozidla využívají nejčastěji následující tři způsoby odpružení.

LISTOVÉ PRUŽINY

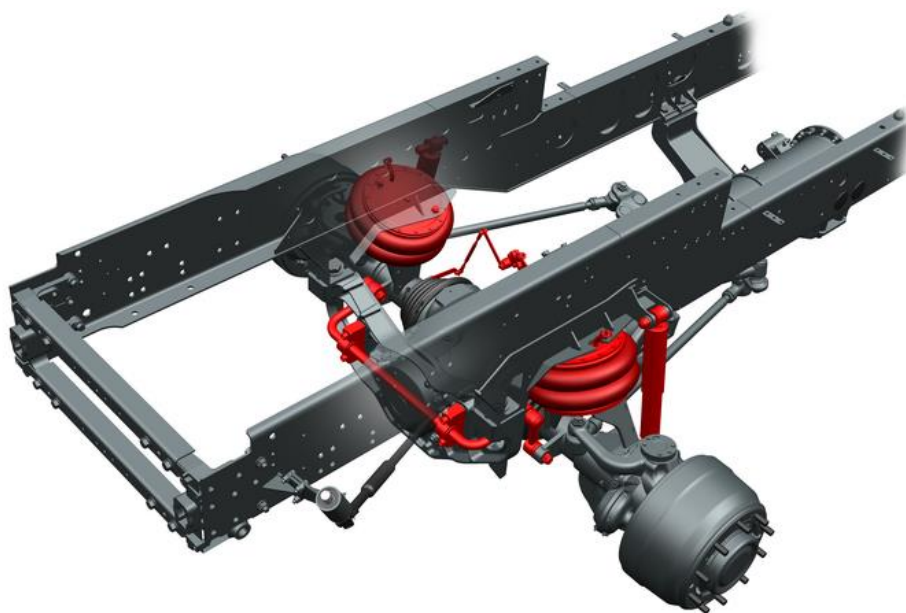
Listová pružina je svazek na sobě naskládaných plátů z pružinové oceli, které jsou spojeny třmeny a sponami. Jsou umístěny většinou mezi rámem a nápravou, rovnoběžně s podélnou stranou rámu [34]. Tuhost pružiny je dána počtem a délkami plátů. Na nejdelším plátu jsou vytvořena závěsná oka, pomocí kterých je pružina uložena čepy na rám a na pomocný závěs pružiny. Zavěšení na pomocný závěs se využívá k předejití možné plastické deformace vzniklé pohybem pružiny. Vzájemnému podélnému posuvu listů mezi sebou zabráňuje středový šroub [36].



Obr. 12 Listová pružina [36]

PNEUMATICKÉ ODPRUŽENÍ

K odpružení se využívá vzduchu nebo dusíku v uzavřeném pružném měchu nebo v ocelovém válci. Nejčastěji jsou využívány vlnovce nebo vaky. Ty mají píst, po kterém se při pružení odvalují, proto je třeba dosáhnout jejich vysoké životnosti. Z tohoto důvodu by měly být měchy z vhodného materiálu a písty správně tvarovány [34]. Pomocí regulačních ventilů se do pružin vtláče kompresorem množství vzduchu potřebné k obnovení původního objemu. Zároveň je vzduch v pružinách řízen tak, aby odpovídal nákladu vozidla. Pneumatické odpružení se využívá i k odpružení kabin nákladních automobilů [36]. U hasičských vozidel se pneumatické odpružení využívají na všech nebo jen na zadních nápravách.



Obr. 13 Pneumatické odpružení [33]

TORZNÍ TYČE

Torzní neboli zkrutné tyče, obvykle kruhového průřezu, slouží k odpružení náprav jejich zkrucováním. Na koncích tyče jsou hlavice o větším průměru opatřeny jemným drážkováním nebo šestihranem. Jeden konec tyče je uložen na karoserii nebo rámu podvozku a na druhý je nasazeno rameno spojené s kolem. Během zdvihu kola dochází ke kroucení zkrutné tyče v její mezích pružnosti [34]. Pro její ochranu proti poškození, může být tyč doplněna plastovým obalem nebo ocelovou trubkou. Uložení odpružení může být provedeno jak podélně, tak příčně. Výhodou torzních tyčí je malá hmotnost a nízké požadavky na údržbu. Pro těžší vozidla se mohou používat skládané tyče, které tvoří dvojici nebo čtveřici zkrutných tyčí [36].

Nedílnou součástí odpružení jsou **tlumiče**. Ty mají za úkol tlumit kmity pružiny při průjezdu nerovnostmi a zajistit tak bezpečnou a co nejvíce pohodlnou jízdu. Nejčastěji se v dnešní době používají teleskopické dvojčinné kapalinové tlumiče. Píst upevněný na konci pístnice pracuje v uzavřeném pracovním válci naplněném kapalinou, která se při pohybu pístu protlačuje průtokovými ventily do druhé pracovní oblasti. Odpor kapaliny je zodpovědný za vznik tlumící síly, závislé na rychlosti pohybu pístu. V případě dvouplášťového tlumiče je pracovní prostor propojený s vyrovnávacím prostorem, který slouží k vyrovnání rozdílů objemu pracovního prostoru. U jednoplášťového plynokapalinového tlumiče dochází k vyrovnání pod plovoucím pístem změnou objemu plynu [34] [36].

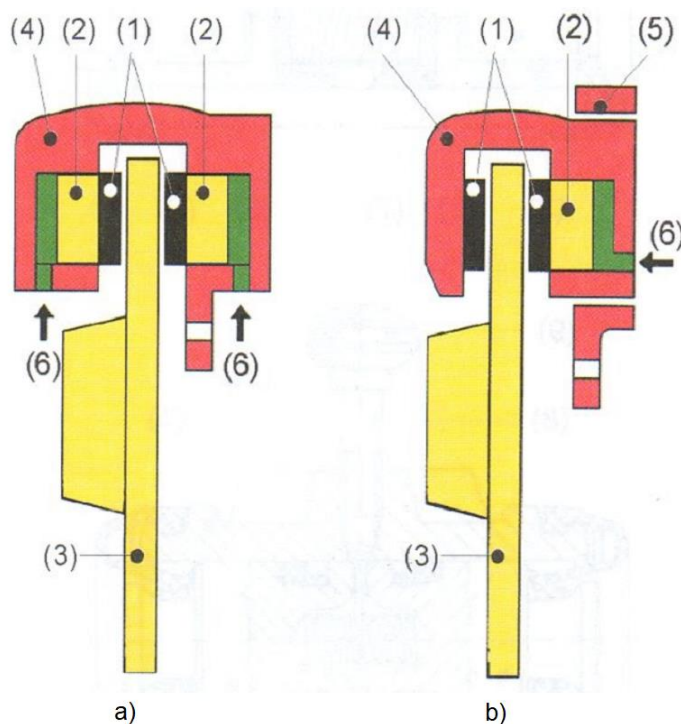
3.3.4 BRZDY

Těžká hasičská vozidla jsou vybavena provozní, parkovací, nouzovou a odlehčovací brzdovou soustavou. Brzdové soustavy mají za úkol zmenšit rychlost nebo zastavit vozidlo. Brždění se dosahuje vyvolaným třením mezi rotující a pevnou částí vozidla. Hasičská vozidla jsou vybavena asistenčním systémem ABS, který při brždění v kritických případech udržuje stabilitu směru a říditelnost vozidla.

Těžké vozy, u kterých nestačí vyvolaná ovládací síla, jsou vybaveny tzv. nepřímoučinnou brzdovou soustavou. Tyto soustavy využívají energii potřebnou k vyvolání brzdné síly pomocí jiného zdroje energie. V případě vzduchotlaké soustavy řidič brzdovým pedálem uvolňuje energii stlačeného vzduchu z ústrojí pro dodávku energie. Pomocí vysoušeče vzduchu se vzduch v soustavě zbavuje vlhkosti, která by způsobila případnou korozi. K zabránění překročení maximálního dovoleného tlaku slouží regulátor tlaku. Stlačený vzduch je přes dvouokruhové vedení přiveden do brzdových válců, které přes pístnici uvedou do pohybu kolové brzdy – kotoučové a bubnové [34].

KOTOUČOVÉ BRZDY

K náboji kola je připojen brzdový kotouč (3), na který se při brždění přitlačují z obou stran brzdové destičky (1). Přítlačná síla mezi brzdovými destičkami a kotoučem je vyvolána brzdovým třmenem (4). V případě kotoučových brzd s pevným třmenem jsou destičky přitlačovány na kotouč pomocí pístků (2), které se pohybují ve válečcích třmene. U brzd s plovoucím třmenem je pístek působící na obložení pouze na jedné straně a ze strany druhé se reakční silou přitlačí ke kotouči třmen opatřený brzdovou destičkou. Plovoucí třmen je uložen držákem třmene (5) na těhlici. Přenos brzdné síly je vyvolán hydraulickým okruhem pomocí brzdové kapaliny (6). Pro lepší odvod tepla vzniklého při tření, obsahují brzdové kotouče vnitřní vzduchové kanály provedeny tak, aby při otáčení kotouče tvořili tzv. ventilační efekt. Mezi výhody kotoučových brzd patří jednodušší konstrukce, lepší odvod tepla, menší hmotnost nebo vyšší citlivost při brždění [36].



Obr. 14 Kotoučová brzda a) s pevným třmenem b) s plovoucím třmenem [36]

BUBNOVÉ BRZDY

Brzdový buben je pevně připojen k otáčejícímu se kolu a jeho vnitřní povrch válce tvoří třecí plochu. Na tuto plochu jsou při brždění přitlačovány pomocí rozpěrného ústrojí brzdové čelisti uložené na štítu brzdy, který je spojen s nápravou. Tím vzniká tření a vytváří se brzdná

síla. Bubnové brzdy jsou podle ovládání a uložení brzdových čelistí rozdělovány na několik druhů. Podvozky nákladních automobilů nejčastěji využívají brzdu jednonáběžnou (Simplex). Tato brzda je nejjednodušším typem bubnových brzd, skládá se z náběžné a úběžné brzdové čelisti. K vytvoření přitlačné síly obou čelistí slouží jedno společné rozpěrné zařízení, nejčastěji s-vačka nebo rozpínací klín [36].

ODLEHČOVACÍ BRZDY

Odlehčovací neboli zpomalovací brzdy pracují na rozdíl od třecích brzd bez opotřebení. Používají se většinou jako pomocné brzdy například při sjíždění svahů a pomáhají tak snížit opotřebení brzd provozních. Mohou to být výfukové brzdy, které přerušením dodávky paliva a utěsněním výfukového potrubí klapkou nebo šoupátkem docilují brždění motorem. Poté sem patří motorové brzdy dosahující zpomalení pomocí škrcení výstupu výfukových plynů nebo změnou časování ventilového rozvodu. Dalšími zpomalovacími brzdami jsou elektrické retardéry, které dosahují brzdného účinku působením magnetického pole proti pohybu rotujícího kotouče a vytvářejí teplo. Kotouč se otáčí mezi póly magnetu nebo před nimi. Kapalínové retardéry, tvořeny dvěma lopatkovými koly, dosahují zpomalovacího účinku třením kapaliny v uzavřeném prostoru. Kapalina je rotorem přiváděna na lopatky statoru, kde je bržděna [36].

3.3.5 ŘÍZENÍ

Uspořádání mechanismu řízení je závislé na typu zavěšení kol a na převodovce řízení. Spojovací tyč řízení spojující levou a pravou páku řízení tvoří dohromady s osou přední nápravy takzvaný lichoběžník řízení, který umožňuje různé natočení kol při průjezdu zatáčkou. Převodka řízení zvětšuje točivý moment volantu a mění jeho otáčivý pohyb na natočení kol do rejdu. Převodky mohou být hřebenové maticové nebo šnekové. Zmenšení potřebné síly řízení umožňují posilovače řízení [34]. Pokud jsou u těžkých hasičských vozidel dvě přední nápravy jsou obě řiditelné ve stejném smyslu. Jsou-li řiditelné i zadní nápravy, mohou se natáčet ve stejném i opačném smyslu než nápravy přední.

3.4 SPECIÁLNÍ PODVOZKY HASIČSKÝCH VOZIDEL

Podvozky pro hasičská vozidla v ČR i zahraničí, které vynikají svými speciálními vlastnostmi nebo neobvyklým provedením, jsou uvedeny v následujících příkladech. Jedná se jak o terénní, tak o silniční typy vozidel určené k zásahu.

3.4.1 TATRA FORCE (T 815-7) 8x8

Hasičské speciály od Tatry na čtyřnápravových podvozcích Force jsou určeny pro složité terénní podmínky, kde ukazují svoji jízdní stabilitu díky pneumatickému odpružení všech náprav. Jedním ze speciálů od Tatry je Tigon, který je konstruován pro extrémní průmyslové použití. Dvě přední nápravy jsou řiditelné a poháněno je všech osm kol, která jsou vybavena centrálním huštěním pneumatik [37]. Na rozdíl od Tigonu, další model Titan splňuje normy zásahových požárních automobilů pro běžný provoz. Model je využíván jako velkoobjemová cisternová z odolněná stříkačka. Titan je určen pro zásah v nebezpečných oblastech s rizikem

exploze, vůči kterým je jeho podvozek a pancéřovaná kabina odolná. Všechny nápravy podvozku jsou říditelné. Zadní nápravy jsou schopny se hydraulicky natáčet až do rychlosti vozidla 30 km/h. Další vlastností podvozku je měnit celkovou a světlou výšku vozidla [38].



Obr. 15 Tatra Titan na podvozku T 815-7 [39]

3.4.2 MERCEDES-BENZ ACTROS (KOLEJOVÝ SPECIÁL)

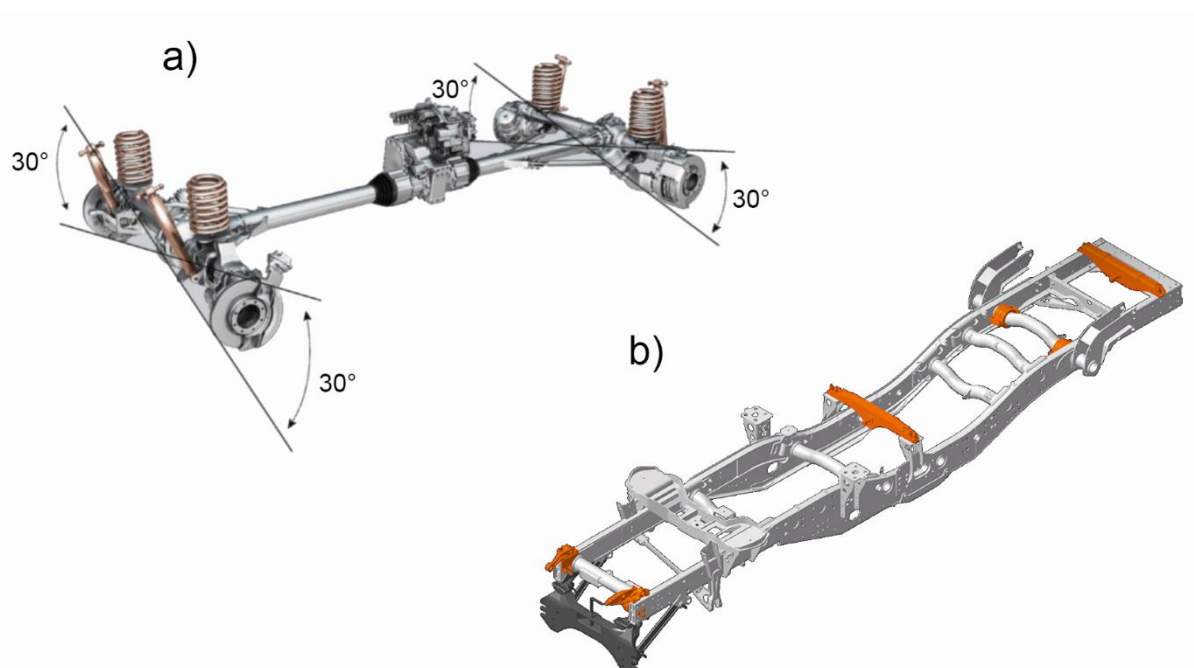
Tento speciál je schopný jízdy jak po silnici, tak po kolejích. Je určený pro zásah v tunelech, u technických událostí nebo u dopravních nehod na železničních tratích. Spouštění a zvedání kolejových podvozků je zařízení pomocí hydraulických válců. Díky osvětlení a kamerám, které přenáší obraz do kabiny vozidla, je nakolejení vozidla na trať snadné. Pneumatické brzdy kolejové soustavy jsou nezávislé na silničních. Při provozu vozidla po kolejích je zablokováno řízení a vozidlo je dále ovládáno stejně jako při jízdě po silnici [40].

3.4.3 DENNIS RAPIER

Rapier je jeden z mála evropských modelů, který je určený speciálně pro požární automobily a je vyráběn od roku 1991 britskou firmou Dennis. Jeho nízký podvozek je tvořen trubkovým svařovaným rámem s nezávislým zavěšením kol a kotoučovými brzdami s ABS a kontrolou prokluzu. Nízko položeným těžištěm a vynikající přilnavostí tvoří Rapier jeden z nejlepších vyrobených podvozků požárních automobilů do městské zástavby [1]. Firma tvrdí, že toto jedenáctitunové vozidlo je schopno bočního náklonu až 42°, než dojde ke zvednutí kola od vozovky. Ostatní běžná hasičská vozidla dosahují této hodnoty kolem 35° [41].

3.4.4 MERCEDES-BENZ UNIMOG

Model s historií starou více než 70 let je určený hlavně pro hašení lesních požárů jako cisternová automobilová stříkačka. Vozidlo dokáže bezproblémově projet hustým lesním porostem a brodit se klidnou vodou do hloubky až 800 mm. Základem jeho podvozku je zalomená konstrukce rámu s trubkovými příčnicí, která je schopna vysokého zkrutu. Díky přednímu nájezdovému úhlu s hodnotou 44° a zadnímu nájezdovému úhlu až 51° nejsou pro Unimog strmé svahy žádný problém. Jeho vynikající trakci zajišťují uzávěrky diferenciálu a systém Tirecontrol Plus. Tento systém umožňuje přizpůsobit pneumatiky k terénu díky regulaci jejich tlaku. Obsluha má možnost zvolit ze tří přednastavených režimů tlaku pro odpovídající druh terénu. Netradičně jsou všechna kola vozidla odpružena vinutými pružinami. Ty spolu se suvnými tubusy umožňují dlouhé propuštění a diagonální zkřížení náprav až 30° [42].



Obr. 16 Podvozek MB Unimog U 5023: a) křížení náprav [43], b) zalomená konstrukce rámu [42] (upraveno)

4 NÁVRH KONCEPCE RYCHLÉHO ZÁSAHOVÉHO AUTOMOBILU

4.1 TECHNICKÉ PODMÍNKY RZA

Účelem rychlého zásahového automobilu je dopravit posádku na místo zásahu v co nejkratším možném čase a umožnit tak co nejrychlejší vyhodnocení situace nebo zásah proti požáru. Dle zadání bakalářské práce je navrhovaný RZA určený pro provoz do městských aglomerací i lehkého terénu, tudíž spadá do kategorie podvozku 2 – automobily určené k provozu částečně i mimo zpevněné komunikace. Dále je zadána hmotnost automobilu do 5 tun, tím pádem je vozidlo řazeno do kategorie lehkých požárních automobilů. RZA mohou být v provedení základním, redukovaném, technickém nebo v provedení pro hašení. Dle těchto stanovených podmínek je automobil označen *RZA – L2Z*. Pro snazší a rychlejší průjezd k místu zásahu, je karoserie navrhovaného automobilu zvolena na bázi pickupu s uzavřenou kabinou a odděleným prostorem pro nástavbu.

4.2 PODVOZEK

Při výběru podvozku pro RZA se vycházelo ze srovnání několika modelů pickupu. Dle jízdních vlastností a vybraných parametrů nejlépe vychází dva modely. Zvolené modely, vyrobené v roce 2020, jsou Ford Ranger a Toyota Hilux. Důležitým aspektem pro výběr podvozku je rámová konstrukce. Velkou výhodou rámové konstrukce je snadná montáž nebo případná výměna hasičské nástavby na rám podvozku šroubovými spoji tak, aby byl zajištěn vhodný přenos sil. Další výhodou rámové konstrukce je dlouhodobá odolnost. V případě obou modelů je umožněna montáž nástavby přímo na rám vozidla a není tak potřeba pomocného rámu. Z důvodu lepší dostupnosti náhradních dílů a nižší pořizovací ceny, bude následující návrh pro model Toyota Hilux. Automobil s motorem uloženým vpředu má pohon na všechna čtyři kola s kontrolou trakce a uzávěrkou diferenciálu. Zadní náprava je tuhá s listovými pery, přední je lichoběžníková, nezávisle zavěšená.



Obr. 17 Podvozek a kabina Toyoty Hilux [44]

NÁVRH NA VYLEPŠENÍ

Provoz vybraného modelu jako rychlý záahový automobil se při jízdě bude dynamicky podstatně lišit od provozu stejného, ale běžně využívaného sériového modelu. Z tohoto důvodu je vhodné navrhnout úpravy podvozku, které budou vyhovovat jak ve městském provozu, tak v lehkém terénu. Pro lepší zdvih kol je vhodnější použít nezávislé zavěšení odpružené vinutými pružinami. Jelikož má nezávislé zavěšení větší hmotnost než tuhá náprava, sníží se tím těžiště vozidla. V jednodušším případě se u Toyoty, pro lepší průjezd terénem, může provést zvednutí podvozku, navýšení počtu listů pružin a instalace zesílených tlumičů. Pro zvýšení ochrany přední části vozu je automobil vybaven nárazníkem, který svým umístěním a tvarem zvýší hodnotu předního nájezdového úhlu. Za nárazníkem je umístěn lanový naviják na dálkové ovládání.

Požadavky na brzdění automobilu budou u RZA značně vyšší než u sériově vyrobeného automobilu. Důvodem je vyšší hmotnost automobilu po namontování účelové nástavby a náročnější jízdní styl při zásahu. Řešením je montáž brzdových kotoučů o větším průměru a šířce. Větší rozměry kotouče zajistí větší třecí plochu brzdění a lepší chlazení brzdového kotouče. Dále je vhodné, aby byly kotouče drážkované pro odvod nečistot a lepší rozptýlení tepla. Důležitou součástí ke kotoučům jsou také vhodné brzdové destičky a třmeny.

KABINA

Dle technických podmínek pro RZA může být kabina i třímístná. S ohledem na tuto podmínku je nejvhodnější zvolit zkrácenou kabinu s lavicí v druhé řadě (Extra cab). V první řadě je sedadlo pro řidiče a velitele. Na straně za řidičem je možnost místa pro třetí osobu. Zbývající prostor v druhé řadě (tzn. pravá strana) bude využit pro uložení požárního příslušenství.

VÝBĚR MOTORU

K podvozku je třeba zvolit i potřebnou motorizaci, která bude mít dostatečný výkon k převozu plně vybavené nástavby. Hodnotu potřebného výkonu určí jízdní odpory, které působí proti jízdě vozidla. Ve výpočtech je počítáno s hmotností vozidla $m = 3100 \text{ kg}$ a s konstantní rychlostí (Odpor zrychlení $O_z = 0$).

Valivý odpor O_f vzniká jako deformace pneumatiky automobilu při odvalování po vozovce. Za předpokladu, že všechna kola budou mít hodnotu součinitele valivého odporu f stejnou a jedná se o jízdu po rovině, platí [45]:

$$O_f = f \cdot G \quad (1)$$

$$O_f = 0,015 \cdot 30411$$

$$O_f = 456 \text{ N}$$

Kde G je tíhová síla vozidla.

Vzdušný odpor O_V je způsoben vzdušnou silou, která působí při jízdě automobilu na povrch karoserie. Je určen z běžného aerodynamického vztahu [45]:

$$O_V = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot S_x \cdot c_x \cdot v_r^2 \quad (2)$$

$$O_V = \frac{1}{2} \cdot 1,25 \cdot 3,25 \cdot 0,5 \cdot 27^2$$

$$O_V = 740 \text{ N}$$

Kde ρ je měrná hmotnost vzduchu, S_x je čelní plocha vozidla, c_x je součinitel odporu vzduchu a v_r je výsledná rychlost proudění vzduchu kolem vozidla, která se skládá z celkové rychlosti vozidla (počítáno s 80 km/h) a rychlosti větru (počítáno s průměrnou rychlostí větru 4,7 m/s).

Odpor stoupání O_S vzniká jízdou vozidla do svahu a je určen složkou tíhy vozidla s rovnoběžnou rovinou stoupání [45]:

$$O_S = G \cdot \sin \alpha \quad (3)$$

$$O_S = 30411 \cdot \sin(7^\circ)$$

$$O_S = 3706 \text{ N}$$

Kde α je úhel stoupání, který je zaokrouhleně převeden z maximálního stoupání silnice 12 %.

Potřebná hnací síla na kolech vozidla je pak součtem jízdních odporů [45]:

$$F_K = O_f + O_V + O_S + O_Z \quad (4)$$

$$F_K = 456 + 740 + 3706 + 0$$

$$F_K = 4902 \text{ N}$$

Hnací výkon motoru k překonání jízdních odporů [45]:

$$P_K = \frac{F_K \cdot v}{1000} \quad (5)$$

$$P_K = \frac{4902 \cdot 22,3}{1000}$$

$$P_K = 109 \text{ kW}$$

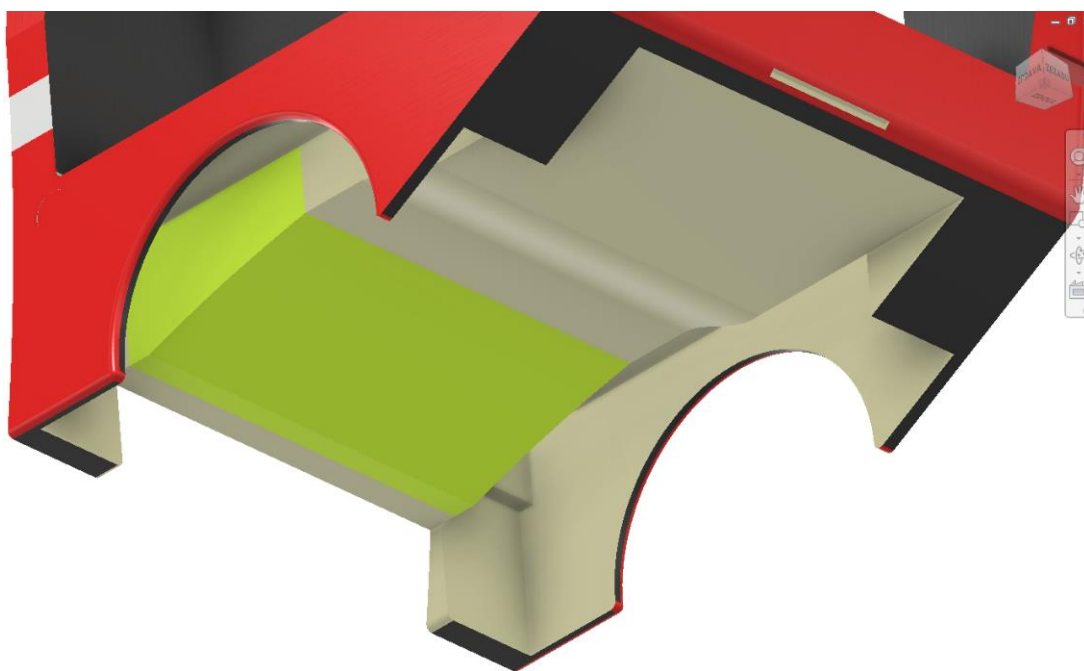
Kde v je rychlost jízdy vozidla.

Na základě výpočtů vyhovuje dieselový motor Toyota 2.4 D–4D o výkonu 110 kW (při 3400 ot·min⁻¹).

4.3 NÁSTAVBA

Účelová nástavba RZA by měla být navržena, pokud možno tak, aby při zásahu bylo všechno požární příslušenství co nejlépe dostupné a přehledně uložené. Pokud předměty nejsou uloženy ve výsuvných nebo výklopných prvcích nástavby, měly by být vyjmutelné samostatně, bez manipulace s jiným předmětem. Nástavba je k rámu podvozku upevněna šroubovými spoji. Materiál, navrhované nástavby je polypropylen. Oproti hliníkovým a laminátovým nástavbám jsou nástavby z tohoto materiálu lehčí, levnější a snáze se opravují. Ke spojení polypropylenových desek se využívá speciální technologie svařování. Nástavba je odolná do teplot kolem 200°C.

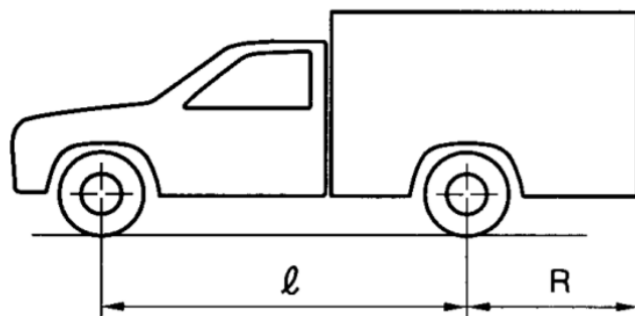
Součástí nástavby je i nádrž na vodu. Stejně jako celá konstrukce nástavby je i nádrž vyrobena z polypropylenu. Protože se jedná o jednu z těžších částí nástavby, její umístění a tvar byl navržen s ohledem na polohu těžiště vozidla. Aby těžiště zůstalo co nejnižší a pokud možno co nejblíže středu vozidla, je nádrž zastavěná v podlaze nástavby v místě zlomu rámu vozidla. Po návrhu tvaru nádrže, s ohledem na celkovou hmotnost a rozměry, byla pomocí programu Autodesk Inventor zjištěna přibližná hodnota objemu nádrže 220 litrů. Plnicí hrdlo nádrže je vyvedeno na stranu nástavby vedle umístění plnění pohonných látek. Při brždění, akcelerování i zatáčení mají vliv na dynamické vlastnosti vozidla působící síly kapaliny. I když vliv není tak výrazný jako například u CAS, je vhodnější, když je při jízdě nádrž plná nebo prázdná a nedochází tak k přelévání kapaliny.



Obr. 18 Umístění nádrže na vodu

Úložný prostor nástavby je přístupný ze zadní i obou bočních stran. Prostor na levé straně nástavby je samostatně oddělený. V pravé části je spojený se zadní částí a je tak přístupný ze dvou míst. Otvírání a zavírání všech otvorů úložných prostorů je zajištěno pomocí hliníkových lamelových rolet. Za snížené viditelnosti jsou vnitřní prostory osvětleny LED pásky.

Celkové rozměry nástavby byly navrhovány s ohledem na její maximální možné rozměry dané výrobcem podvozku, montážní body rámu vozidla, aerodynamiku a zadní nájezdový úhel vozidla. Šíře nástavby je shodná s celkovou šířkou kabiny a výška nástavby oproti kabině přechází o 220 mm. Jedním z dalších důležitých parametrů je délka zadního převisu. Její hodnota závisí na druhu karoserie a na rozvoru náprav vozidla a je měřena vodorovně od středu zadní nápravy po nejvzdálenější bod nástavby.



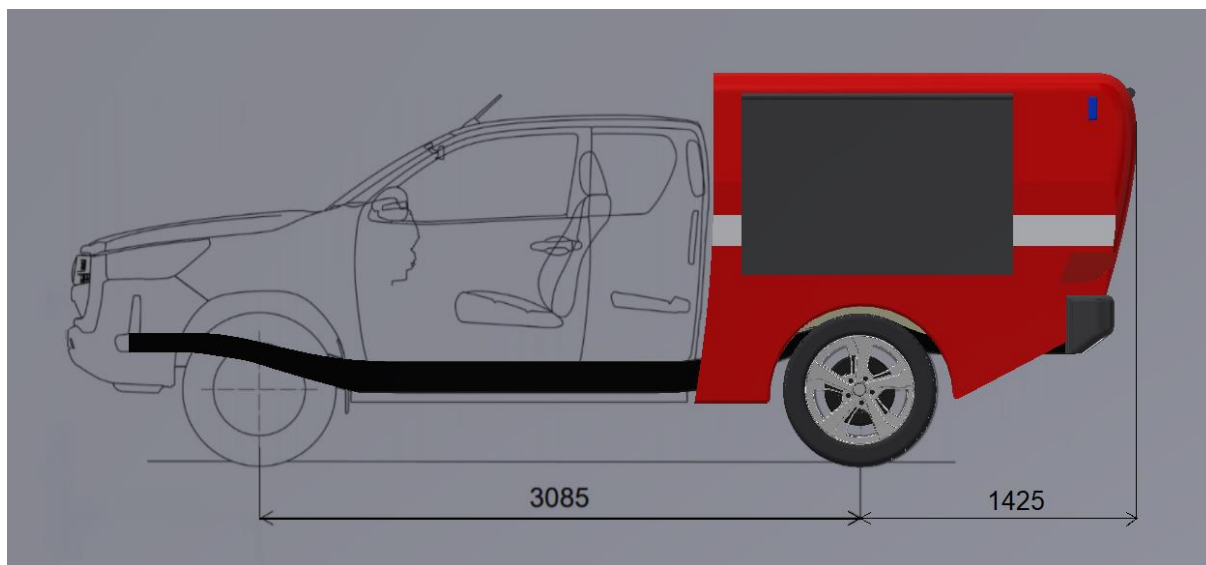
Obr. 19 Rozvor (l) a zadní převis (R) vozidla [46]

Pro karoserii pickupu s nástavbou navrhovaného RZA platí, že **délka zadního převisu R** se rovná maximálně dvou třetinám rozvoru vozidla l [46]:

$$R \leq \frac{2}{3} l \quad (6)$$

$$R \leq \frac{2}{3} 3085$$

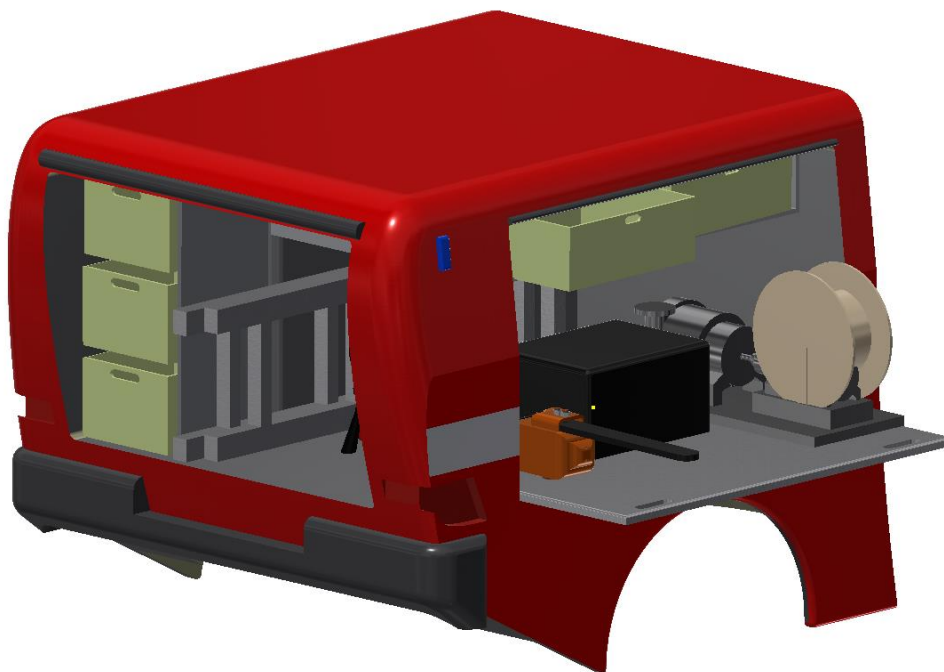
$$R \leq 2057 \text{ mm}$$



Obr. 20 Nástavba uložená na rámu podvozku (upraveno [46])

4.4 VÝBAVA

K uložení požárního příslušenství v levé části nástavby slouží úložné boxy, které jsou navrženy tak, aby využívaly co nejvíce jejího prostoru. V boxech je umístěno požární příslušenství dle povinné výbavy RZA. V zadní části nástavby je zavěšeno hydraulické vyprošťovací zařízení pro zásah u dopravních nehod, které obsahuje stříhací a rozpínací zařízení. Ze zadní strany je také možnost vyjmutí hliníkového výsuvného žebříku o celkové délce 3,8 m.



Obr. 21 Výsuvná plošina a výbava nástavby

Na pravé straně úložného prostoru nástavby se nachází výsuvná plošina, na které je umístěno zvolené vysokotlaké čerpací zařízení [47]. Jeho součástí je vysokotlaké plunžrové čerpadlo, které je poháněno spalovacím motorem. Výkon čerpadla je 21 l/min při tlaku 9 MPa. Výtlačné potrubí čerpadla je připojeno hadicí k průtokovému navijáku, na jehož bubnu je navinuta vysokotlaká hadice. Na konci hadice se nachází vysokotlaká proudnice zakončená tryskou, která je ovládána pomocí spouště v držadle. Přiměšování pěnidla je zajištěno přiměšovacími zařízeními, které se regulují otočným prvkem. Celková hmotnost čerpacího zařízení je 70 kg. Zařízení se snadnou manipulací je vhodné pro menší požáry pyrotechniky, kontejnerů, motorových vozidel nebo travin apod. Dále je na výsuvné plošině uložena motorová řetězová pila a práškový hasicí přístroj. Do výbavy patří také dron s termokamerou, který napomáhá posádce vyhledat co nejrychleji místo požáru ze vzduchu.

ZÁVĚR

Na základě stanovených cílů bakalářské práce byla vytvořena rešerše na téma vozidlová technika hasičů. Téma je uvedeno historickým vývojem požární techniky a vozidel. Podrobný přehled a rozdělení používaných hasičských vozidel byly sepsány podle Řádu strojní služby Hasičského záchranného sboru ČR. Nejpoužívanější zásahové požární automobily pro různé účely jsou podrobněji popsány se svými specifickými vlastnostmi. Práce nepopisuje vozidlovou techniku, která již delší dobu není využívána – AS, PHA, PRHA, PLHA, nebo která je na podvozcích osobních automobilů – VA, VEA. Dále práce rozebírá rozdíly hasičských vozidel v Evropě a Americe. Prvním patrným rozdílem jsou větší rozměry hasičských vozidel na americkém kontinentu, kde jim to dovolují tamější prostornější silnice. Druhý rozdíl je ve stavbě vozidel, která v Americe probíhá ve velké většině jednou firmou. Naopak v Evropě se do jednotlivých firem dodávají hotové podvozky, na které se tvoří příslušné účelové nástavby nebo vestavby.

Podvozky hasičských vozidel jsou tvořeny sériově vyrobenými podvozky osobních nebo užitkových vozidel. Většina vozidlové techniky hasičů má podvozek těžké hmotnostní třídy, jejich jednotlivé systémy jsou popsány ve třetí kapitole. Celkově nejsou podvozky hasičských vozidel přizpůsobeny dynamicky náročnější jízdě vozidla k místu zásahu. V Evropě tvoří výjimku například britský Dennis Rapier, který má podvozek postavený přímo jako požární automobil. Přestože se již delší dobu nevyrábí, patří stále svými vlastnostmi mezi špičku městských hasičských vozidel.

Návrh koncepce rychlého zásahového automobilu v poslední části práce představuje doporučené úpravy zvoleného podvozku. Podvozek byl zvolen tak, aby umožnil rychlejší průjezd k místu zásahu v lehkém terénu nebo v hustém provozu města, než poskytují běžné CAS. Dále byl vypočítán potřebný výkon motoru automobilu pomocí jednoduchého výpočtu přes jízdní odpory. Součástí návrhu je také vlastní model účelové nástavby, který byl vytvořen v programu Autodesk Inventor. Cílem byla rozměrová kompatibilita nástavby s rámem podvozku, umístění nádrže na vodu a vytvoření úložných prostorů. Poté byla stručně popsána základní výbava navrhovaného RZA.

POUŽITÉ INFORMAČNÍ ZDROJE

- [1] WALLINGTON, Neil. *Hasičské automobily & historie hasičství: světová encyklopedie : boj s ohněm a záchranné akce : 700 fotografií současné i historické hasičské techniky z celého světa* [online]. 2. vyd. Přeložil Lumír MIKULKA. Čestlice: Rebo, 2010 [cit. 2021-2-16]. ISBN 978-80-255-0407-9. Dostupné také z: <https://ndk.cz/uuid/uuid:1b938620-e3dd-11e7-8cdd-5ef3fc9bb22f>
- [2] ŠUMAN-HREBLAY, Marián. *Hasičská vozidla: česká a slovenská hasičská technika od roku 1904 do současnosti* [online]. Brno: Computer Press, 2010 [cit. 2021-2-16]. ISBN 978-80-251-3134-3. Dostupné také z: <https://ndk.cz/uuid/uuid:f3ec28a0-80f6-11e7-94b3-005056825209>
- [3] FIRE TRUCK HISTORY. *BuyAutoInsurance.com* [online]. Seattle, c2010–2021 [cit. 2021-4-12]. Dostupné z: <https://www.buyautoinsurance.com/fire-truck-history/>
- [4] WATEROUS: PROVIDING INNOVATIVE FIRE PROTECTION PRODUCTS FOR 130 YEARS. *American: The Right Way* [online]. Birmingham, AL, c2021, 15. 11. 2016 [cit. 2021-4-16]. Dostupné z: <https://american-usa.com/news/2016/11/15/waterous-providing-innovative-fire-protection-products-for-130-years/>
- [5] Merryweather Fire Engines. *Heritage Machines* [online]. Yalding: Kelsey Media, c2021 [cit. 2021-4-26]. Dostupné z: <https://heritagemachines.com/commercials/merryweather-fire-engines/>
- [6] PROCHÁZKA, Hubert a MARTOF, Jan. *Praga* [online]. Brno: Computer Press, 2004. ISBN 80-7226-862-7. Dostupné také z: <https://ndk.cz/uuid/uuid:1f6aaa60-7379-11e6-b842-005056827e51>
- [7] Historie výroby. *TATRA VÁS DOSTANE DÁL* [online]. Kopřivnice, c2014 [cit. 2021-04-14]. Dostupné z: <https://www.tatra.cz/o-spolecnosti/historie-tatry/historie-vyroby/>
- [8] Rozsáhlá oprava omladila starou dobrou Tatra 138 hasičů ze Stráže pod Ralskem, obci finančně pomohl Liberecký kraj. *POŽÁRY.cz: Technika* [online]. Varnsdorf, 23. 4. 2020 [cit. 2021-04-14]. Dostupné z: <https://www.pozary.cz/clanek/225479-rozsahla-oprava-omladila-starou-dobrou-tatra-138-hasicu-ze-straze-pod-ralskem-obci-financne-pomohl-liberecky-kraj/>
- [9] ČESKO. Řád strojní služby Hasičského záchranného sboru České republiky. In: *Sbírka interních aktů řízení generálního ředitele Hasičského záchranného sboru České republiky* [online]. Praha, 2018, ročník 2018, částka 56. Dostupné také z: <https://www.hzscr.cz/hasicky-zachranny-sbor-ceske-republiky.aspx>
- [10] ČESKO. vyhláška č. 53/2010 Sb., kterou se mění vyhláška č. 35/2007 Sb., o technických podmínkách požární techniky. In: *Zákony pro lidi.cz* [online]. © AION CS 2010-2021 [cit. 16. 4. 2021]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2010-53#f4075363>

- [11] Lesní speciál Mercedes-Benz Unimog dodala firma Kobit Hasičskému záchrannému sboru Plzeňského kraje. *POŽÁRY.cz* [online]. Varnsdorf, [2011], 24. 2. 2019 [cit. 2021-5-13]. Dostupné z: <https://www.pozary.cz/clanek/206216-lesni-special-mercedes-benz-unimog-dodala-firma-kobit-hasicskemu-zachrannemu-sboru-plzenskeho-kraje/>
- [12] KRATOCHVÍL, Michal a KRATOCHVÍL, Václav. *Technické prostředky požární ochrany* [online]. V Ostravě: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2009. ISBN 978-80-7385-064-7. Dostupné také z: <https://ndk.cz/uuid/uuid:0ea1e280-4b98-11e4-af1d-001018b5eb5c>
- [13] *POŽÁRY.cz: Technika: Automobilový žebřík* [online]. Varnsdorf, [2011] [cit. 2021-4-29]. Dostupné z: <https://www.pozary.cz/technika/az/>
- [14] ČESKÁ REPUBLIKA. *Technické podmínky pro pořízení požárního automobilu: Automobilový žebřík AZ-MIZ* [online]. In: Hasičský záchranný sbor České republiky. Praha: Ministerstvo vnitra-generální ředitelství Hasičského záchranného sboru České republiky, 2011, ročník 2011, TP-ST/04-2007. Dostupné také z: <https://www.hzscr.cz/clanek/katalog-vydanych-technicky-podminek-pozarni-techniky-a-vecnych-prostredku.aspx>
- [15] Automobilový žebřík Iveco Magirus z pražské stanice v Krči má natáčecí zadní nápravu a sklopný první díl sady. *POŽÁRY.cz* [online]. Varnsdorf, [2011], 15. 3. 2020 [cit. 2021-5-16]. Dostupné z: <https://www.pozary.cz/clanek/222256-automobilovy-zebrick-iveco-magirus-z-prazske-stanice-v-krci-ma-nataceci-zadni-napravu-a-sklopny-prvni-dil-sady/>
- [16] *POŽÁRY.cz: Technika: Technický automobil* [online]. Varnsdorf, [2011] [cit. 2021-4-30]. Dostupné z: <https://www.pozary.cz/technika/ta/>
- [17] *POŽÁRY.cz: Technika: Vyprošťovací automobil* [online]. Varnsdorf, [2011] [cit. 2021-4-30]. Dostupné z: <https://www.pozary.cz/technika/vya/>
- [18] Vyprošťovací speciál moravskoslezských hasičů s ramenem Omars a jeřábem HIAB je postaven na podvozku Tatra Force. *POŽÁRY.cz: Technika: Vyprošťovací automobil* [online]. Varnsdorf, [2011], 31. 03. 2019 [cit. 2021-4-30]. Dostupné z: <https://www.pozary.cz/clanek/208145-vyprostovaci-special-moravskoslezskych-hasicu-s-ramenem-omars-a-jerabem-hiab-je-postaven-na-podvozku-tatra-force/>
- [19] JÁNOŠÍK, Ladislav. *Technické prostředky požární ochrany* [online]. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2012 [cit. 2021-4-30]. ISBN isbn978-80-248-3908-0. Dostupné z: <https://www.fbi.vsb.cz/030/cs/studium/studijni-materialy/>
- [20] *POŽÁRY.cz: Technika: Kombinovaný automobil* [online]. Varnsdorf, [2011] [cit. 2021-4-30]. Dostupné z: <https://www.pozary.cz/technika/kha/>
- [21] Fire Apparatus – United States vs. Europe. *Fire Apparatus & Emergency Equipment* [online]. Fair Lawn, c2019–2020, 7. 6. 2016 [cit. 2021-5-4]. Dostupné z: <https://www.fireapparatusmagazine.com/fire-apparatus/fire-apparatus-united-states-vs-europe/>

- [22] Fire Truck Manufacturing Industry in the US - Market Research Report. *IBISWorld* [online]. c1999–2021, 29 February 2020 [cit. 2021-5-4]. Dostupné z: <https://www.ibisworld.com/united-states/market-research-reports/fire-truck-manufacturing-industry/>
- [23] Technická Scania HZS pražského dopravního podniku nahradila Liazku i Avii, nový vůz dodala THT Polička. *POŽÁRY.cz* [online]. Varnsdorf, [2011], 19. 2. 2017 [cit. 2021-5-15]. Dostupné z: <https://www.pozary.cz/clanek/157024-technicka-scania-hzs-prazskeho-dopravniho-podniku-nahradila-liazku-i-avii-novy-vuz-dodala-tht-policka/>
- [24] Arrow XT. *Micmac Fire & Safety Source Ltd.* [online]. Dartmouth, c2021 [cit. 2021-5-7]. Dostupné z: <https://mmfss.ca/vehicles/pierce-manufacturing/custom-chassis/pierce-arrow-xt/>
- [25] *Rosenbauer* [online]. Leonding: Siwa, c2021 [cit. 2021-5-4]. Dostupné z: <https://www.rosenbauer.com/en/cz/rosenbauer-world>
- [26] Záchranný útvar Hasičského záchranného sboru pořídil další univerzální dokončovací stroj na podvozku Tatra Force. *POŽÁRY.cz: Technika* [online]. Varnsdorf, [2011], 10. 1. 2021 [cit. 2021-5-10]. Dostupné z: <https://www.pozary.cz/clanek/239159-zachranny-utvar-hasicskeho-zachranneho-sboru-poridil-dalsi-univerzalni-dokoncovaci-stroj-na-podvozku-tatra-force/>
- [27] *POŽÁRY.cz: Technika: Tunelový speciál* [online]. Varnsdorf, [2011] [cit. 2021-5-10]. Dostupné z: <https://www.pozary.cz/technika/ts/>
- [28] *POŽÁRY.cz: Technika: Letištní speciál* [online]. Varnsdorf, [2011] [cit. 2021-5-10]. Dostupné z: <https://www.pozary.cz/technika/lcas/>
- [29] Hasiči na Letišti Václava Havla v Praze mají dva nové Panthery od Rosenbauera. *POŽÁRY.cz: Technika* [online]. Varnsdorf, [2011], 11. 6. 2017 [cit. 2021-5-10]. Dostupné z: <https://www.pozary.cz/clanek/164448-hasici-na-letisti-vaclava-havla-v-praze-maji-dva-nove-panthery-od-rosenbauera/>
- [30] VW Transporter se terénu nebojí. V Německu pro něj mají řadu off-road vylepšení. *AutoRevue.cz* [online]. CZECH NEWS CENTER, c2021, 7. 9. 2020 [cit. 2021-5-15]. Dostupné z: <https://www.autorevue.cz/vw-transporter-se-terenu-neboji-v-nemecku-pro-nej-maji-radu-off-road-vylepseni>
- [31] *POŽÁRY.cz: technika* [online]. Varnsdorf, [2011] [cit. 2021-5-16]. Dostupné z: <https://www.pozary.cz/technika/>
- [32] VLK, František. *Stavba motorových vozidel: [osobní automobily, autobusy, nákladní automobily, jízdní soupravy, ergonomika, biomechanika, struktura, kolize, materiály]* [online]. Brno: František Vlk, 2003 [cit. 2021-5-16]. ISBN isbn80-238-8757-2. Dostupné z: <https://ndk.cz/view/uuid:ba3a59a0-64b2-11e4-b42a-005056827e52?page=uuid:9f397b40-721d-11e4-85f4-5ef3fc9ae867>
- [33] Tatrovácká koncepce. *TATRA VÁS DOSTANE DÁL* [online]. Kopřivnice, c2014 [cit. 2021-5-16]. Dostupné z: <https://www.tatra.cz/proc-tatru/technicka-koncepce-tatra/tatrovacka-koncepce/>

- [34] VLK, František. *Podvozky motorových vozidel* [online]. 2. vyd. Brno: František Vlk, 2003 [cit. 2021-5-17]. ISBN isbn80-239-0026-9. Dostupné z: <https://ndk.cz/view/uuid:25050c80-25d0-11e3-9319-005056827e51?page=uuid:1ba9f220-32a2-11e3-bd38-5ef3fc9ae867>
- [35] Tatra - Tatrovácka koncepce. *Největší portál o nákladních vozech a dopravě | Trucker* [online]. Praha: Business Media CZ, c2011–2021, 12. 10. 2010 [cit. 2021-5-17]. Dostupné z: https://www.trucker.cz/rubriky/truck/tatra-tatrovacka-koncepce_39505.html
- [36] JAN, Zdeněk a Bronislav ŽDÁNSKÝ. *Automobily, 1: Podvozky* [online]. 3. vyd. Brno: Avid, 2004 [cit. 2021-5-17]. ISBN (Brož.). Dostupné z: <https://ndk.cz/view/uuid:49421b70-e6bf-11e6-8010-005056827e51?page=uuid:dd051670-0fa8-11e7-968f-005056827e51>
- [37] Pro svůj unikátní univerzální hasicí automobil Tigon si Rosenbauer vybral osmikolový podvozek Tatra Force. *POŽÁRY.cz* [online]. Varnsdorf, [2011], 19. 8. 2018 [cit. 2021-5-18]. Dostupné z: <https://www.pozary.cz/clanek/193939-pro-svuj-unikatni-univerzalni-hasici-automobil-tigon-si-rosenbauer-vybral-osmikolovy-podvozek-tatra-force/>
- [38] Hasiči převzali nové zodolněné speciály TATRA s pancéřovanými kabinami. *TATRA VÁS DOSTANE DÁL* [online]. Kopřivnice, c2014, 11. 10. 2018 [cit. 2021-5-18]. Dostupné z: <https://www.tatra.cz/o-spolecnosti/tisk-a-media/novinky-a-clanky/hasici-prevzali-nove-zodolnene-specialy-tatra-s-pancerovanymi-kabinami/>
- [39] Záchranný útvar HZS ČR převzal dvojici cisternových zodolněných stříkaček Tatra Titan, čtyřmístná kabina odolá explozi protitankové miny. *POŽÁRY.cz* [online]. Varnsdorf, [2011], 11. 10. 2018 [cit. 2021-5-18]. Dostupné z: <https://www.pozary.cz/clanek/179970-zachranny-utvar-hzs-cr-prevzal-dvojici-cisternovych-zodolnenych-strikacek-tatra-titan-ctyrmistna-kabina-odola-explozi-protitankove-miny/>
- [40] Veicoli Antincendio Speciali: Veicolo Soccorso Strada Rotaia. *BAI Veicoli Antincendio e di Soccorso* [online]. Bagnolo Mella [cit. 2021-5-18]. Dostupné z: <https://www.bai.it/it/i-nostri-prodotti/veicoli-antincendio-speciali>
- [41] Dennis Rapier launched. *Commercial motor* [online]. 1991, 10 [cit. 2021-5-18]. Dostupné z: <http://archive.commercialmotor.com/article/17th-october-1991/10/dennis-rapier-launched>
- [42] Kompetence podvozku. *Croy s.r.o.* [online]. Rakovník [cit. 2021-5-18]. Dostupné z: <https://www.croy.cz/mb-unimog/modely/unimog-u-4023u-5023/kompetence-podvozku/>
- [43] Suspension. *Mercedes-Benz Trucks* [online]. c2021 [cit. 2021-5-18]. Dostupné z: https://www.mercedes-benz-trucks.com/en_GB/models/unimog-off-road/driving-concept/chassis.html
- [44] Toyota Hilux Extra Cab Chassis SR 2019. *Free3D* [online]. [cit. 2021-5-18]. Dostupné z: <https://free3d.com/3d-model/toyota-hilux-extra-cab-chassis-sr-2019-6564.html>

- [45] VLK, František. *Dynamika motorových vozidel* [online]. 2. vyd. Brno: František Vlk, 2003 [cit. 2021-5-18]. ISBN isbn80-239-0024-2. Dostupné z: <https://ndk.cz/view/uuid:08b16ec0-2f60-11e5-8851-005056827e51?page=uuid:e07412a0-3a31-11e5-b57a-005056825209>
- [46] *BODY BUILDER'S GUIDE: HILUX 2020* [online]. 2020 [cit. 2021-5-18]. Dostupné z: https://www.toyota-tech.eu/BBG.aspx?fbclid=IwAR3_FFOY7WtEk1rtNkqtXMwhJmsqr896PIenGZQfTzYbdN248UuRvXG52J0
- [47] Vysokotlaké hasicí zařízení typ 3216. *Mobilní hasicí technika, požární automobily | THT.cz* [online]. Polička, 2019 [cit. 2021-5-20]. Dostupné z: <https://www.tht.cz/cs/ostatni-technika/vysokotlake-hasici-zarizeni-typ-3216>

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

ABS	Anti-lock Brake Systém
AJ	Automobilový jeřáb
AP	Automobilová plošina
AS	Automobilová stříkačka
AZ	Automobilový žebřík
CAS	Cisternová automobilová stříkačka
DA	Dopravní automobil
HRET	High reach extendable turret
KHA	Kombinovaný hasící automobil
L	Lehká hmotnostní třída požárních automobilů
L&K	Laurin & Klement
LP	Požární automobil pro hašení lesních požárů
M	Střední hmotnostní třída požárních automobilů
M-B	Mercedes-Benz
MS	Požární automobil s motorovou stříkačkou
NW	Nesselsdorfer Wagenbau-Fabriks-Gesellschaft
PHA	Pěnový hasící automobil
PLHA	Plynový hasící automobil
PRHA	Práškový hasící automobil
RZA	Rychlý zásahový automobil
S	Těžká hmotnostní třída požárních automobilů
T	Technické vybavení požárního automobilu
TA	Technický automobil
VA	Velitelský automobil
VEA	Velitelský automobil
VH	Požární automobil pro velkoobjemové hašení
VYA	Vyprošťovací automobil
Z	Základní vybavení požárního automobilu
ZF	Zahnradfabrik Friedrichshafen
ZPA	Zásahový požární automobil

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ

c_x	[-]	součinitel odporu vzduchu
f	[-]	součinitel valivého odporu
F_K	[N]	potřebná hnací síla
G	[N]	tíhová síla vozidla
l	[mm]	rozvor

m	[kg]	hmotnost vozidla
O_f	[N]	valivý odpor
O_s	[N]	odpor stoupání
O_v	[N]	vzdušný odpor
O_z	[N]	odpor zrychlení
P_K	[kW]	výkon motoru
R	[mm]	zadní převis vozidla
S_x	[m ²]	čelní plocha vozidla
v	[m·s ⁻¹]	rychlost vozidla
v_r	[m·s ⁻¹]	rychlost proudění vzduchu kolem vozidla
α	[°]	úhel stoupání
ρ	[kg·m ⁻³]	měrná hmotnost vzduchu